*Postverlagsort Leipzig*

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT BERLIN-DAHLEM · P. DEBYE BERLIN-DAHLEM · F. K. DRESCHER-KADEN GÖTTINGEN · H. v. FICKER WIEN · R. GRAMMEL STUTTGART

O. HAHN BERLIN-DAHLEM · M. HARTMANN BERLIN-DAHLEM · F. KÖGL UTRECHT · M. v. LAUE BERLIN · E. v. d. PAHLEN POTSDAM

F. SAUERBRUCH BERLIN · H. SPEMANN FREIBURG I. BR. · H. STILLE BERLIN · F. v. WETTSTEIN BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 33 (SEITE 553–568) · 18. AUGUST 1939 · 27. JAHRGANG

INHALT:

50 Jahre seit dem Erscheinen von W. Nernsts Arbeit über „Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen". Von F. KRÜGER . . . . . 553

Sonne und Ionosphäre. Von W. GROTRIAN. (Mit 7 Figuren) . . . . . 555

Über Einzel- und Kombinationswirkungen des kurzwelligen und langwelligen Ultravioletts bei Bestrahlung der menschlichen Haut. Von ISOLDE HAUSSER. (Mit 4 Figuren) . . . . . 563

KURZE ORIGINALMITTEILUNEN:

Die Wirkung von NaSCN auf die Entwicklung von Froschembryonen. Von SIVIO RANZI und EUGENIA TAMINI. (Mit 1 Figur) . . . . . 566

Enzymatische Hydrolyse des Acetylaneurins. Von L. MASSART und R. DUFAIT . . . . . 567

Über die isomeren 4,4'-Dioxy-$\gamma$, $\delta$-diphenyl-n-hexene. Von F. v. WESSELY und A. KLEEDORFER . . . . . 567

Natrium-Calcium-sulfatapatit $Na_6Ca_4(SO_4)_6G_2$. Von R. KLEMENT . . . . . 568

BESPRECHUNGEN:

DÖRGE, KARL, unter Mitarbeit von Hans Klein, Wahrscheinlichkeitsrechnung für Nichtmathematiker. (Ref.: W. Blaschke) . . . . . 568

FRITSCH, VOLKER, Grundzüge der Funkgeologie. (Sammlung Vieweg. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 116.) (Ref.: Otto Santo-Passo) 568

**Physik der Sternatmosphären**

**mit besonderer Berücksichtigung der Sonne**

Von

Dr. **A. Unsöld**

Professor für theoretische Physik an der Universität Kiel

Mit 145 Figuren im Text. VIII, 500 Seiten. 1938. RM 63.—; gebunden RM 66.—

Inhaltsübersicht:

**Die Sternatmosphäre im thermischen Gleichgewicht.** — Strahlungstheorie. — Anwendung des Planckschen Gesetzes auf die Strahlung der Sonne. Strahlungsmessungen. — Die Strahlung der Sterne. — Thermische Ionisation und Anregung. — **Kontinuierliches Spektrum und Aufbau einer Sternatmosphäre.** Strahlungsgleichgewicht und kontinuierliches Spektrum der Sternatmosphären. — Kontinuierlicher Absorptionskoeffizient und Energieverteilung in den kontinuierlichen Spektren der Sterne. — Der Aufbau der Sternatmosphären. — **Physikalische Grundlagen der Theorie der Fraunhofer-Linien.** — Physikalische Grundlagen der Theorie der Fraunhofer-Linien: 1. Teil: Klassische Theorie. 2. Teil: Quantentheorie. 3. Teil: Experimentelle Prüfung der Theorie und Messung von Übergangswahrscheinlichkeiten usw. — **Messung und Deutung der Intensitätsverteilung in den Fraunhofer-Linien.** — Messung der Konturen und Gesamtabsorptionen von Fraunhofer-Linien. — Strahlungsgleichgewicht und Fraunhofer-Linien. — Die Deutung der Fraunhofer-Linien. Beobachtung und Theorie. — Beeinflussung der Linienkonturen durch Rotation und Expansion der Sterne. — **Probleme und Anwendungen der quantitativen Theorie der Sternspektren.** — Anwendung der Theorie der Fraunhofer-Linien. — Die Struktur der äußeren Schichten der Sonne. — Der Sonnenrand. Protuberanzen, Chromosphäre und Korona. Spektroheliogramme. — Klassifikation der Linienspektren. — Über die Integralexponentialfunktionen. — **Literaturverzeichnis. — Namen- und Sachverzeichnis.**

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

## DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung oder jede Postanstalt bezogen werden. Preis vierteljährlich RM 9.60. Hierzu treten bei direkter Zustellung unter Kreuzband die Versandspesen bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelpreis dieses Heftes RM 1.— zuzüglich Porto. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Studierende, ferner Ärzte in nicht vollbezahlter Stellung erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Manuskripte, Bücher usw. an **Die Naturwissenschaften, Berlin W 9,** Linkstr. 22/24, erbeten.



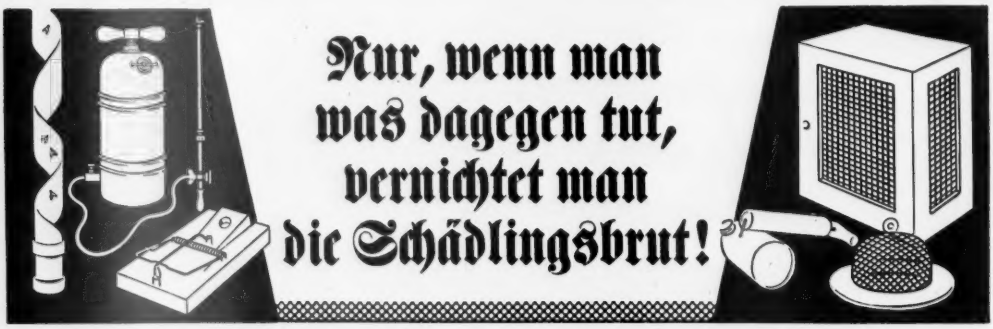
Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung (entsprechend § 42 des Verlagsgesetzes) der in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihre Verwendung für fremdsprachliche Ausgaben vor.

Anzeigen werden von der Verlagsbuchhandlung angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe erfragen. Letzter Annahme-Termin: 12 Tage vor Erscheinen der betreffenden Nummer.



**Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 22/24**
*Fernsprecher: 21 81 11.*






**Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften**

Redigiert in Gemeinschaft mit **F. Hund**

von

**Ferdinand Trendelenburg**

*Zuletzt erschien:*

**Siebzehnter Band**

Mit 238 Abbildungen. III, 424 Seiten. 1938. RM 34.—; gebunden RM 35.60

Inhaltsverzeichnis:

**Theoretische Gesichtspunkte zur Deutung der kosmischen Strahlung.** Von Dr. phil. H. Euler und Professor Dr. W. Heisenberg, Leipzig.

**Fortschritte auf dem Gebiete der Ultrarottechnik.** Von Professor Dr. M. Czerny und Dr. rer. nat. H. Röder, Frankfurt a. M.

**Ergebnisse der Ultrarotforschung.** Von Dozent Dr. phil. habil. Frank Matossi, Breslau, z. Zt. Berlin-Dahlem.

**Dielektrische Verluste im Zusammenhang mit dem polaren Aufbau der Materie.** Von Dr. phil. F. Horst Müller, Berlin-Siemensstadt.

**Die Deutung der Nordlichterscheinungen und die Struktur der Ionosphäre.** Von Professor Dr. L. Vegard, Blindern b. Oslo (Norwegen).

**Die Ionosphäre und ihr Einfluß auf die Ausbreitung elektrischer Wellen.** Von Dr. rer. techn. Dipl.-Physiker Walter Dieminger, Rechlin (Meckl.).

**Die Ausbreitung der ultrakurzen Wellen.** Von Dr.-Ing. Gottfried Eckart, Mirow (Meckl.), und Dr.-Ing. Hans Plendl, Rechlin (Meckl.).

**Kinetik der Polymerisationsprozesse.** Von Dozent Dr. phil. habil. G. V. Schulz, Freiburg i. Br.

Inhalt der Bände I—XVII. — Namen- und Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

27. Jahrgang | 18. August 1939 | Heft 33

# 50 Jahre seit dem Erscheinen von W. Nernsts Arbeit über „Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen".

Von F. Krüger, Greifswald.

Ein großer Fortschritt auf naturwissenschaftlichem Gebiet tritt immer dann ein, wenn entweder eine überraschende experimentelle Entdeckung von großer Tragweite gemacht ist, wie z. B. die Entdeckung der Röntgenstrahlen oder die der Radioaktivität, oder wenn eine experimentell bestätigte, umfassende Theorie in ein bis dahin verworrenes Gebiet von Beobachtungen Klarheit bringt und weitere experimentelle Entdeckungen voraussehen läßt. Zu dieser letzteren Kategorie gehört die Arbeit von Walter Nernst über *„Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen"*, die vor nunmehr 50 Jahren, am 20. August 1889, in der Zeitschrift für physikalische Chemie (Bd. 4, S. 129—181, 1889) erschienen ist.

Über die elektromotorischen Kräfte galvanischer Kombinationen war damals, wenigstens was die physikalische Deutung ihrer Entstehung betrifft, so gut wie nichts bekannt. Zwar lagen zahlreiche Einzelmessungen der elektromotorischen Kräfte solcher Anordnungen vor, die aber aus Mangel an theoretischen Gesichtspunkten keine einfachen und klaren Gesetzmäßigkeiten hatten erkennen lassen.

An theoretischen, auch experimentell bestätigten Beziehungen gab es hier einmal die von v. Helmholtz abgeleitete (früher schon von W. Gibbs gefundene, aber nicht beachtete) Beziehung zwischen der elektromotorischen Kraft eines galvanischen Elements, der Wärmetönung des bei der Stromlieferung sich vollziehenden chemischen Prozesses, und dem Temperaturkoeffizienten der elektromotorischen Kraft. Diese thermodynamisch abgeleitete Beziehung gestattet aber keinerlei Einblick in den Entstehungsmechanismus solcher Kräfte. Das letztere gilt auch von der ebenfalls von v. Helmholtz gegebenen Berechnung der elektromotorischen Kraft von sog. Konzentrationsketten aus den Dampfspannungen über verschieden konzentrierten Lösungen von Metallsalzen und aus den Überführungszahlen, bzw. von sog. Konzentrationsketten ohne Überführung, bei deren Berechnung die Dampfspannungen allein ausreichen.

Die Voraussetzung eines weiteren Fortschritts auf diesem Gebiete war offenbar die Klärung des Verhaltens und der Gesetze gelöster Stoffe, besonders der Elektrolyte. Eine solche tiefgehende Klarstellung erfolgte im Jahre 1887 einerseits durch die Auffindung der Gesetze des osmotischen Druckes verdünnter Lösungen durch van 't Hoff, andererseits durch die Theorie der elektrolytischen Dissoziation von Arrhenius, welche, über die Ideen von Clausius hinausgehend, zum ersten Male den Dissoziationsgrad gelöster Elektrolyte zu bestimmen gestattete.

In diese Theorien wurde Nernst, der von der reinen Physik ausgegangen war und seinen Namen schon durch die zum Teil zusammen mit v. Ettingshausen angestellten Bestimmungen der galvano- und thermomagnetischen Effekte bekanntgemacht hatte, vor allem durch seinen Freund Arrhenius im Ostwaldschen Institut in Leipzig, wo er Assistent geworden war, eingeführt. Mit erstaunlicher Schnelligkeit hatte er sich die neuen Anschauungen zu eigen und eigener produktiver Arbeit nutzbar gemacht. Dabei wurde er auf einem eigentümlichen Wege zu dem Problem der Entstehung elektromotorischer Kräfte in Lösungen von Elektrolyten geführt. Er hatte zunächst die bei der Diffusion von Nichtelektrolyten wirksamen Kräfte in absolutem Maße berechnet und sich dann dem Problem der Diffusion von Elektrolyten in so verdünnten Lösungen, daß darin die Elektrolyte als vollständig dissoziiert angesehen werden können, zugewandt. Er erkannte, daß hier der Diffusionskoeffizient selbst aus den Wanderungsgeschwindigkeiten der einzelnen Ionen und dem Konzentrationsgefälle berechenbar ist und stellte die Formeln dafür auf. Unter Einwirkung einer und derselben Kraft im Konzentrationsgefälle würden zwar die Ionen mit ihrer verschiedenen Wanderungsgeschwindigkeit verschieden schnell wandern; daran werden sie jedoch durch die infolge der Trennung der verschieden geladenen Ionen auftretende Potentialdifferenz gehindert, welche die Wanderungsgeschwindigkeit der einen Ionenart beschleunigt, die der anderen verzögert, bis beide gleich schnell wandern. So gelang es Nernst, die Diffusionskoeffizienten einer großen Zahl von Elektrolyten in wässerigen Lösungen in vorzüglicher Übereinstimmung mit den Meßergebnissen zu berechnen. Dabei aber leitete er gleichzeitig die exakte Formel für die erwähnte Potentialdifferenz an der Berührungsstelle verschieden konzentrierter Lösungen eines und desselben Elektrolyten ab, die freilich in dieser Arbeit noch nicht durch Messungen geprüft wurde. Aber es war dies der erste Fall, wo eine physikalische Deutung und eine quantitative Berechnung einer durch Ionen in der Lösung bedingten Potentialdifferenz möglich geworden war. Nernst kündigte hier bereits an, daß er in einer weiteren Arbeit auf das Problem solcher durch Ionen bedingter Potentialdifferenzen weiter eingehen würde. Die Diffusionsarbeit trägt das Datum vom Juli 1888 (Zschr. phys. Chem. 2, S. 613—637, 1888). Die Hauptarbeit, deren 50jähriges Jubiläum wir jetzt feiern, folgte

schon 10 Monate später (Eingangsdatum: Mai 1889).

Diese klassische, fundamentale Arbeit enthält die Theorie der elektromotorischen Wirksamkeit der Ionen in weitestem Umfange, sowie auch ihre experimentelle Prüfung. Nach der Ableitung des von NERNST als „Superpositionsprinzip" bezeichneten Satzes, demzufolge die in zwei aus einer Lösung von Elektrolyten gebildeten, gleichgeformten Systemen wirksamen elektromotorischen Kräfte in korrespondierenden Punkten gleiche Größe und Richtung haben, wenn die beiden Systeme sich nur dadurch unterscheiden, daß der Partialdruck der positiven und der negativen Ionen in dem einen System das $n$-fache dessen in dem anderen ist, gibt NERNST eine neue und zwar thermodynamische Ableitung der bereits in der früheren Arbeit erhaltenen Formel für die Potentialdifferenz an der Berührungsstelle zwischen verschieden konzentrierten Lösungen desselben Elektrolyten unter Benutzung der Gesetze des osmotischen Druckes der Ionen. Zur experimentellen Prüfung dieser Formel benutzte NERNST eine neuartige galvanische Kombination, bei der die Potentialdifferenzen an den Elektroden, als gleich herausfallen und die Differenz zweier solcher Konzentrationspotentialdifferenzen gemessen wird. Es ergab sich an einer großen Zahl von Beispielen eine gute Übereinstimmung zwischen Messung und Theorie. Das nächste Kapitel der Arbeit bringt die Berechnung der Potentialdifferenz an der Grenze Metall-Elektrolyt unter Einführung des Begriffes der elektrolytischen Lösungstension der Metalle, ein Begriff, der ausführlich erläutert und in Beziehung gesetzt wird zu dem Vorgang der Auflösung fester Körper im allgemeinen. In einem weiteren Kapitel entwickelt NERNST dann die allgemeine Theorie der Konzentrationsketten, deren elektromotorische Kraft sich einfach aus der Summe der Potentialsprünge an den beiden Elektroden und dem an der Berührungsstelle der beiden Lösungen zusammensetzt. An einer großen Zahl von Messungen wird die Bestätigung der Theorie erbracht. NERNST führt dann auch den Nachweis, daß seine Theorie mit der Theorie von V. HELMHOLTZ für den Fall verdünnter Lösungen in vollkommener Übereinstimmung steht, wenn man die von VAN'T HOFF bzw. PLANCK berechnete Dampfspannungserniedrigung in verdünnten Lösungen zugrunde legt. Zutreffend charakterisiert NERNST selbst die Vorzüge einerseits der Theorie von V. HELMHOLTZ, andererseits die seiner eigenen, indem er schreibt, daß die von V. HELMHOLTZ gegebenen Formeln insofern allgemeiner sind, als sie sich nicht auf verdünnte Lösungen beschränken, daß sie aber nicht gestatten, wie die seinigen, die elektromotorische Kraft in ihre Komponenten zu zerlegen; hinzufügen aber muß man hierzu noch, daß erst die NERNSTsche Theorie einen Einblick in den Mechanismus der Entstehung solcher Potentialdifferenzen erbracht hat. NERNST diskutiert dann weiterhin und mißt auch die Potentialdifferenz an der Berührungsstelle gleich konzentrierter, aber verschiedener Elektrolyte; die exakte, mathematische Berechnung dieses Problems ist bekanntlich bald darauf von PLANCK gegeben. Das 11. Kapitel der NERNSTschen Arbeit enthält die Theorie und Messung elektrolytischer Thermoketten; dabei wird die Schwierigkeit, die sich aus der Unkenntnis der Potentialdifferenz im Temperaturgefälle der Lösung eines Elektrolyten ergibt, geschickt umgangen, indem eine galvanische Thermokette betrachtet wird, bei der von dem naheliegenden, aus dem Superpositionsprinzip folgendem Schlusse Gebrauch gemacht wird, daß die elektromotorische Kraft im Temperaturgefälle bei einem idealen Elektrolyten von der Konzentration des letzteren unabhängig ist. Eine einfachere Formel noch gewinnt NERNST für den Fall, daß zwei gleichartige, umkehrbare Elektroden in verschieden temperierte, miteinander kommunizierende Lösungen desselben Elektrolyten eintauchen; für diese Formel wird in einer großen Zahl von Messungen eine gute Bestätigung erbracht. Im letzten Kapitel der Arbeit wird dann die allgemeine Theorie der galvanischen Elemente unter Zugrundelegung des Begriffes der elektrolytischen Lösungstension der Metalle entwickelt.

Die ungemein anregende und befruchtende Wirkung dieser Arbeit zeigte sich bald in einer Fülle interessanter elektrochemischer Arbeiten, die nicht nur aus NERNSTS Institut in Göttingen, sondern auch aus zahlreichen Instituten des In- und Auslandes hervorgingen. Viele elektrochemische Probleme konnten jetzt erst erfolgreich angegriffen und gelöst werden, so die der galvanischen Polarisation, der Tropfelektroden, der Elektrokapillarität und viele andere. NERNST selbst entwickelt auch die Theorie der physiologischen Wirksamkeit der Wechselströme, die die Erklärung für die Schmerzlosigkeit der hochfrequenten Wechselströme bei der Diathermie bzw. der Kurzwellentherapie gab. LEBLANC konnte jetzt die Theorie der Zersetzungsspannung der Elektrolyte aufstellen, die auch, wie manche andere dieser Theorien, für die angewandte Elektrochemie von großer Bedeutung geworden ist. Zahlreiche Arbeiten in den Bänden der Zeitschrift für Elektrochemie jener Jahre legen Zeugnis ab von der belebenden Auswirkung jener NERNSTschen Arbeit.

Als NERNST diese Arbeit veröffentlichte, war er 25 Jahre alt. Seine Jugendarbeit läßt schon jene Eigenschaften ihres Autors erkennen, die alle seine späteren Arbeiten auszeichnen: die klare, logisch-mathematische Behandlung der Probleme, die intuitive, phantasiereiche Erfassung physikalischer Zusammenhänge, die experimentelle Erfindungsgabe und das experimentelle Geschick, alle getragen von einer unermüdlichen Arbeitskraft.

Am 25. Juni dieses Jahres konnte NERNST seinen 75. Geburtstag feiern. In den 50 Jahren, die seit dem Erscheinen jener Arbeit verflossen sind, hat er die physikalische Chemie, die Physik, die Chemie und in den letzten Jahren auch die Astro-

physik mit einer Fülle ausgezeichneter Arbeiten beschenkt. Von ihm selbst gilt dabei, was er in seiner Bonner Gedächtnisrede von CLAUSIUS rühmt, daß „dieser nämlich gezeigt hat, was man leisten kann, wenn man mit möglichst mannigfaltigen Gesichtspunkten arbeitet". So hat NERNST sowohl anschaulich kinetische wie auch thermodynamische Methoden in seinen Arbeiten verwandt. Er hat stets auch neben der reinen Wissenschaft ihre praktischen Anwendungen gepflegt, wovon außer anderem seine Arbeiten über die chemischen Gleichgewichte, über den Verbrennungsmotor, über die nach ihm benannte elektrische Lampe sowie die Konstruktion des elektroakustischen Flügels, des sog. Neo-Bechsteinflügels Zeugnis ablegen.

Aus allen seinen späteren Arbeiten aber hebt sich noch eine hervor, die wegen ihrer allgemeineren Bedeutung noch mit mehr Recht als jene Jugendarbeit als eine wissenschaftliche Großtat zu bezeichnen ist: Das ist die im Jahre 1905 gemachte Entdeckung des nach ihm benannten Wärmetheorems oder des dritten Hauptsatzes der Thermodynamik, der eine Aussage über das Verhalten des Temperaturkoeffizienten der freien und der der Gesamtenergie, bzw. der Entropie in der Nähe des absoluten Nullpunktes macht. Mit Recht hat daher zu seinem 75. Geburtstage eine große deutsche Tageszeitung NERNST als den „Meister der Thermodynamik" gefeiert, denn die Aufstellung jenes neuen Hauptsatzes ist der größte Fortschritt auf dem Gebiete der Thermodynamik, den unser mehr auf kinetisch-atomistische Theorien eingestelltes Zeitalter erbracht hat. Die zahlreichen Anwendungen des Satzes auf physikalisch-chemische und physikalische Probleme durch NERNST selbst und zahlreiche andere Forscher haben die Fruchtbarkeit des neuen Wärmetheorems, auf dessen enge Beziehungen zur Quantentheorie NERNST selbst hingewiesen hat, nachdrücklich erwiesen.

Auch die letzten Jahre sahen NERNST nicht untätig. Er hat schwierige astrophysikalische Probleme mit Erfolg angegriffen und bearbeitet und dabei die Frische seiner wissenschaftlichen Phantasie und Arbeitskraft durch interessante und weittragende Hypothesen und Berechnungen erwiesen.

Im Weltkriege stellte er sich von Anfang an mit allen seinen Kräften dem Vaterlande zur Verfügung. Aber mehr als harte Arbeit brachte er zum Opfer: seine beiden Söhne fielen an der Front.

Für alles aber, was NERNST der Wissenschaft und insbesondere dem deutschen Volke an Entdeckungen und Arbeiten geschenkt hat, darf er des tiefen Dankes aller derer gewiß sein, die das Seltene und Außergewöhnliche solcher Leistungen zu erkennen und zu werten vermögen.

# Sonne und Ionosphäre.

Von W. GROTRIAN, Potsdam.

## 1. Teil: Die Sonne als Ursache der normalen Ionisation der Ionosphäre.

### *Einleitung.*

Die Ausbreitung elektrischer Wellen an der Erdoberfläche wird, wie wir heute wissen, wesentlich bestimmt und beeinflußt durch die in hohen Bereichen der Erdatmosphäre vorhandene Ionisation. Die Erforschung dieses als „Ionosphäre" bezeichneten Teiles der Erdatmosphäre hat in den letzten 15 Jahren derartig rasche Fortschritte gemacht, daß wir heute bereits über umfassende Kenntnisse des physikalischen Zustandes der Ionosphäre und seiner Veränderungen verfügen. In der letzten Zeit sind mehrere ausgezeichnete zusammenfassende Darstellungen (1, 2, 3) des derzeitigen Standes der Forschung erschienen, die es auch dem diesem Forschungsgebiet Fernerstehenden ermöglichen, sich über die Ergebnisse zu informieren.

Ein ganz allgemeines Resultat der Ionosphärenforschung ist die Erkenntnis, daß sowohl die als normal zu bezeichnende Ionisation der hohen Atmosphärenschichten wie auch eine Reihe von Störungen des normalen Zustandes ihren Ursprung in der von der Sonne ausgehenden Strahlung finden, wobei „Strahlung" im allgemeinsten Sinne des Wortes zu verstehen ist und sowohl Wellen- wie Korpuskularstrahlung umfassen soll. Bei dieser Sachlage scheint es wünschenswert, die in diesem Zusammenhange auftretenden Fragen vom Standpunkte des Sonnenphysikers zu behandeln und darzulegen, wie weit sich die beobachteten Erscheinungen auf Grund unserer Kenntnisse von der Strahlung der Sonne deuten lassen, wie weit sie das andererseits nicht tun und welche Rückschlüsse sich insbesondere aus Beobachtungen an der Ionosphäre auf die nicht direkt beobachtbaren Teile der Sonnenstrahlung ziehen lassen.

### *Methode der Ionosphärenforschung.*

Die Erforschung der Ionosphäre erfolgt heute vorwiegend nach der sog. „Echomethode" von BREIT und TUVE, bei der durch einen Sender ein kurzdauernder Impuls von elektrischen Wellen einer bestimmten Frequenz senkrecht nach oben ausgesandt wird. In einem in der Nähe des Senders aufgestellten Empfänger wird sowohl die direkte Bodenwelle, wie auch die an der Ionosphäre „reflektierte" Welle aufgefangen. Diese Anordnungen sind heute technisch so durchgebildet, daß bereits an zahlreichen, über die ganze Erde verteilten Stellen fortlaufende Registrierungen erfolgen, aus denen auch die zeitlichen Änderungen der Ionosphäre abgeleitet werden können. Aus der Zeitdifferenz zwischen dem Eintreffen der Bodenwelle und der an der Ionosphäre „reflektierten" Welle ergibt sich die „scheinbare" Höhe der Ionosphäre, aus der kürzesten Welle bzw. höchsten Frequenz, die eben noch reflektiert wird, der sog. kritischen Frequenz, ergibt sich die maximale

Ionisation der reflektierenden Schicht auf Grund der aus der Theorie dieses Vorganges abgeleiteten Beziehung

$$N_{max} = \frac{\pi m}{e^2} f_k^2, \qquad (1)$$

in der $N_{max}$ die Zahl der geladenen Teilchen pro Kubikzentimeter der Masse $m$ und der Ladung $e$ an der Stelle maximaler Ionisation und $f_k$ die kritische Frequenz in Hertz bedeutet. Entstehen bei der Ionisation Elektronen und positive Ionen und wandeln sich die Elektronen nicht durch Anlagerung an neutrale Teilchen in negative Ionen um, so sind stets die freien Elektronen für die Beeinflussung der elektrischen Wellen maßgeblich. Für Elektronen nimmt Gl. 1 nach Einsetzen der Zahlenwerte die Form an

$$N_{max} = 1{,}24 \cdot 10^{-8} f_k^2.$$

*E- und F-Schicht.*

Die nach diesen Methoden durchgeführten Untersuchungen der Struktur der Ionosphäre haben ergeben, daß dieselbe — von Feinheiten abgesehen[1] — in 2 Schichten zerfällt: 1. die *E*-Schicht oder Kennelly-Heaviside-Schicht in einer Höhe von 100 km mit einer maximalen Trägerdichte von etwa $N_{max} = 3 \cdot 10^5$ Elektronen/ccm; 2. die *F*-Schicht oder Appleton-Schicht in einer Höhe von etwa 300 km mit einer maximalen Trägerkonzentration von etwa $N_{max} = 3 \cdot 10^6$ Elektronen/ccm.

*Tages- und jahreszeitliche Änderungen der Ionisation.*

Von den zahlreichen Forschungsergebnissen sollen hier zunächst nur diejenigen bevorzugt behandelt werden, aus denen

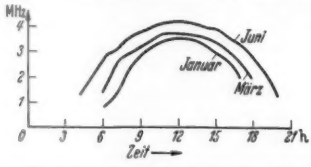



Fig. 1. Täglicher Gang der kritischen Frequenz für die *E*-Schicht nach (2). (Monatsmittel für Januar, März und Juni.)

sich Rückschlüsse auf den Ursprung der Ionisation ziehen lassen. Dies ist in erster Linie die tages- und jahreszeitliche Änderung der Ionisation. Besonders einfach und klar liegen hier die Verhältnisse bei der *E*-Schicht. Fig. 1 zeigt den täglichen Gang der Monatsmittel der kritischen Frequenz und damit der maximalen Ionisation der *E*-Schicht für verschiedene Monate des Jahres. Die *E*-Schicht ist mit erheblicher Konzentration nur am Tage vorhanden, die Ionisation setzt bei Sonnenaufgang ein, erreicht am Mittag ein Maximum und fällt bis zum Sonnenuntergang wieder ab. Die Kurven liegen am tiefsten in den Wintermonaten und am höchsten im Monat Juni. Daß dieser dem Stand der Sonne folgende Verlauf nur so gedeutet werden kann, daß in dem Wechselspiel zwischen der durch äußere Einwirkung erzeugten und durch Wiedervereinigung verschwindenden Ionisation die von der Sonne kommende Lichtstrahlung selbst oder eine ihr zeitlich stets proportionale andere Strahlung, die sich aber auch praktisch mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten muß und keinerlei Ablenkungen auf ihrem Wege erfahren darf, die Ursache der Ionisation ist, liegt auf der Hand. Diese Deutung wird wesentlich gestützt durch die Feststellung, daß sich der tageszeitliche Verlauf als Funktion der Zenitdistanz der Sonne gut durch das Gesetz darstellen läßt, das man auf Grund dieser Annahme ableiten kann.

Nicht so einfach liegen die Verhältnisse bei der *F*-Schicht. Fig. 2 zeigt den tages- und jahreszeitlichen Gang derselben. Die *F*-Schicht ist auch nachts in einer Höhe von etwa 300 km vorhanden. In den Sommermonaten spaltet sie (s. oberen Teil der Fig. 2a) bei Sonnenaufgang in die beiden Schichten $F_1$ und $F_2$ auf, die sich bei Sonnenuntergang wieder vereinigen. In den Wintermonaten bleibt

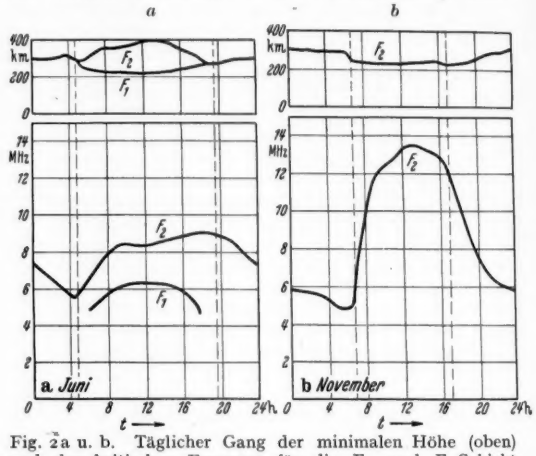



Fig. 2a u. b. Täglicher Gang der minimalen Höhe (oben) und der kritischen Frequenz für die $F_1$- und $F_2$-Schicht (unten), *a* im Monat Juni, *b* im Monat November. (Monatsmittel.) Nach (2).

die *F*-Schicht einheitlich, ihre Höhe geht nur am Tage auf etwa 250 km herunter. Die maximale Trägerdichte zeigt in den Wintermonaten noch annähernd den zu erwartenden Verlauf, es wird aber das Maximum am Tage erst etwa 1—2 Stunden nach Mittag erreicht und auch nach Sonnenuntergang ist zunächst noch eine erhebliche Ionisation vorhanden. Dies, wie auch das Bestehenbleiben der Schicht während der Nacht kann zwanglos

[1] Auf die Erscheinung der Aufspaltung der Schichten infolge der magnetischen Doppelbrechung kann hier nicht eingegangen werden. Vgl. hierzu die zusammenfassenden Berichte (1), (2) und (3).

durch die viel langsamere Wiedervereinigung von Elektronen und Ionen bei den den größeren Höhen entsprechenden viel geringeren Dichten erklärt werden. In den Sommermonaten zeigt die $F_1$-Schicht einen dem Sonnenstand folgenden Verlauf, die $F_2$-Schicht indessen verhält sich mit einem flachen Maximum in den Morgenstunden und einem zweiten gegen Sonnenuntergang ganz anders. Es läßt sich aber zeigen, daß dieser der Sonnenstrahlungsannahme scheinbar widersprechende Verlauf durch sekundäre Einflüsse, insbesondere wohl die Wirkung der Erwärmung und Expansion dieser höchsten Schichten, erklärt werden kann.

*Beobachtungen bei Sonnenfinsternissen.*

Entscheidend für den Einfluß einer von der Sonne kommenden Wellenstrahlung sprechen die Beobachtungen bei Sonnenfinsternissen, bei denen sich, wie Fig. 3 zeigt, die Ionisation in der *E*-Schicht

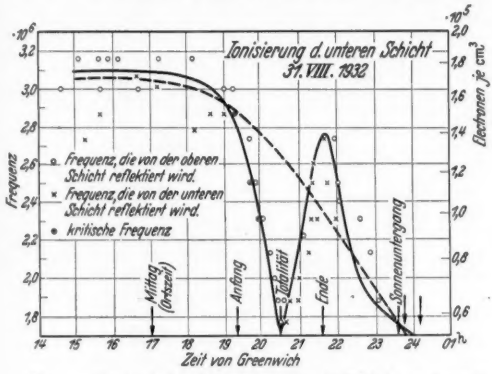



Fig. 3. Verlauf der Ionisation der *E*-Schicht während der totalen Sonnenfinsternis vom 31. August 1932 in Kanada. Nach J. T. HENDERSON [Hochfrequenztechn. und Elektroak. **42**, 79 (1933)].

zeitlich gleichlaufend mit der Sonnenstrahlung ändert. Für die *F*-Schicht gilt ähnliches, nur liegen hier wegen der langsameren Rekombination die Verhältnisse etwas komplizierter.

*Änderungen der Ionisation im Rhythmus der 11jährigen Fleckenperiode.*

Sehr wichtig für die Prüfung der aufgestellten Annahme ist nun die Untersuchung des Verlaufes der Ionisation über längere Zeiten als ein Jahr. Hier ist das bisher vorliegende Material noch dürftig, jedoch läßt sich schon ein wichtiges Ergebnis ableiten, das aus Fig. 4 ersichtlich wird. In derselben ist nach SMITH, GILLILAND u. KIRBY der Verlauf der Jahresmittel der kritischen Frequenzen für die Zeit von 1930 (bezw. 32) bis 1937 dargestellt, Der Vergleich mit der oberen Kurve der Sonnenfleckenzahlen läßt die vorhandene Korrelation deutlich hervortreten. Dieselbe ist, wie auch aus ähnlichen Untersuchungen (4) und der Statistik der Fernübertragung von Kurzwellen (5) hervorgeht, zweifellos zu erklären als ein Gang der Ionisation im Rhythmus der 11jährigen Fleckenperiode der Sonne. Dies Ergebnis würde im Sinne der Hypothese, daß die Wellenstrahlung der Sonne die Ursache der Ionisation ist, ohne weiteres verständlich sein, wenn auch die Gesamtwellenstrahlung der Sonne die 11jährige Periode zeigte. Das ist aber nicht der Fall. Vielmehr schwankt die Gesamtwellenstrahlung der Sonne, gemessen durch die Solarkonstante (6), völlig unregelmäßig um geringe Beträge, und eine Korrelation (7) mit der Fleckenhäufigkeit ist nicht zu erkennen. Dies der obigen Annahme scheinbar widersprechende Ergebnis zwingt aber noch nicht zur Aufgabe derselben, es wird schon verständlich, wenn wir bedenken, daß der Teil der Wellenstrahlung der Sonne, der die hohen Schich-

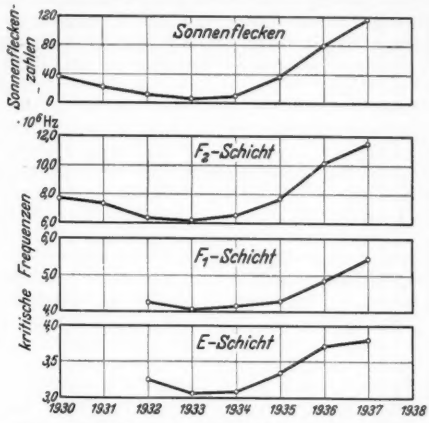



Fig. 4. Vergleich der Jahresmittel der Sonnenfleckenzahlen mit denen der Mittagswerte der kritischen Frequenzen der ionosphärischen Schichten. [Nach N. SMITH, Th. R. GILLILAND und S. S. KIRBY, Ber. of Stand. **21**, 863 (1938)].

ten der Atmosphäre zu ionisieren vermag, bei den Messungen der Gesamtstrahlung der Sonne gar nicht miterfaßt, sondern nur durch ein rechnerisches Korrektionsglied zu berücksichtigen versucht wird. Es handelt sich um den kurzwelligen Bereich des Sonnenspektrums $\lambda < 2900$ ÅE., der sich der Beobachtung völlig entzieht, weil die gesamte Strahlung von $\lambda$ 2900 bis $\lambda$ 2200 ÅE. durch die Ozonschicht, die Strahlung mit $\lambda < 2000$ ÅE. durch den Sauerstoff und Stickstoff der Erdatmosphäre quantitativ absorbiert wird. In der Lücke zwischen $\lambda$ 2200 bis $\lambda$ 2000 ÅE. scheint zwar die UV.-Strahlung der Sonne in größeren Höhen wieder beobachtbar zu werden (8), jedoch lassen sich vorläufig aus den vorliegenden Ergebnissen keine quantitativen Schlüsse ziehen. Der Gang der Ionisation mit der Fleckenperiode zeigt also, daß die ionisierende Strahlung der Sonne zum mindesten eine Komponente haben muß, die entsprechend der Fleckenperiode variiert.

*Ionisierende Wellenbereiche der UV.-Strahlung.*

Ehe wir auf diese Frage näher eingehen, müssen wir die allgemeinere Frage behandeln, durch welche Wellenlängenbereiche der Strahlung die in der hohen Atmosphäre vorhandenen Gase überhaupt ionisiert werden können. Da wir keine Anhaltspunkte dafür haben, daß in den hohen Schichten irgend etwas anderes als Stickstoff und Sauerstoff in beträchtlichen Mengen vorhanden ist, so kommt das also heraus auf die Frage, in welchen Wellenlängenbereichen Stickstoff und Sauerstoff durch Lichtabsorption ionisiert werden. Die hierüber vorliegenden Daten aus Laboratoriumsuntersuchungen sind leider noch sehr dürftig, so daß die Schlüsse, die wir ziehen können, keinen hohen Grad von Sicherheit haben. Trotzdem ergibt sich ein insbesondere für den Sonnenphysiker bedeutsames Resultat, das wohl kaum prinzipiell angezweifelt werden kann. Wir wollen zunächst die Absorption des Stickstoffs betrachten, weil hier die Verhältnisse einfacher liegen als bei Sauerstoff. Die spektralen Beobachtungen im Nordlicht und im Nachthimmellicht zeigen, daß der Stickstoff im wesentlichen als Molekül $N_2$ in den hohen Zonen vorhanden ist. Zwar scheint neuerdings auch im Spektrum des Nachthimmellichtes die verbotene Linie $\lambda$ 3471 des N-Atoms beobachtet worden zu sein (9), aber es kann nicht zweifelhaft sein, daß die $N_2$-Moleküle überwiegen. Die der atomphysikalischen Vorstellung über den Photoionisationsprozeß entsprechende Erwartung wäre nun die, daß Strahlung, die kurzwelliger ist als eine bestimmte Grenzwellenlänge $\lambda_{max}$, ionisierend wirkt, wobei die $\lambda_{max}$ entsprechende Frequenz $\nu_{min}$ gegeben ist durch die Gleichung $h\nu_{min} = e \cdot V_J$, in der $V_J$ die Ionisierungsspannung des $N_2$-Moleküls bedeutet. Mit $V_J = 15{,}55$ Volt ergibt sich $\lambda_{max} = 794$ ÅE. Überraschenderweise zeigen aber Laboratoriumsuntersuchungen (10), daß die Strahlung $\lambda < 794$ ÅE. nur unmerklich absorbiert wird. Dagegen setzt eine starke Absorption erst bei $\lambda$ 661 ÅE., $V = 18{,}68$ Volt entsprechend, ein. Sie bewirkt die Ionisation und gleichzeitige Anregung des entstehenden $N_2^+$-Moleküls in einen Zustand, der der Anfangszustand für die Emission der sog. negativen Stickstoffbanden ist. Daß sich der Vorgang tatsächlich so abspielt, geht aus der folgenden Beobachtung von SLIPHER (11) hervor. Er stellte fest, daß die negativen Stickstoffbanden schon bei kurzen Expositionszeiten im Spektrum des Himmelslichtes auftreten, wenn kurz vor Sonnenaufgang oder kurz nach Sonnenuntergang der Spektrograph auf die hohen Schichten der Erdatmosphäre gerichtet wird, die zu dieser Zeit von den ersten oder letzten Strahlen der Sonne beleuchtet werden. Wir können also mit Sicherheit behaupten, daß nur Strahlung des Bereiches $\lambda < 661$ ÅE. ionisierend auf das $N_2$-Molekül wirkt.

Bei $O_2$ liegen die Verhältnisse ähnlich (10). Auch hier ist festgestellt, daß die der Ionisierungsspannung $V_J = 12{,}5$ Volt entsprechende Strahlung $\lambda < 990$ ÅE. nicht absorbiert wird, dagegen stark die Strahlung mit $\lambda < 765$ ÅE., wobei wieder ein angeregtes $O_2^+$-Ion entsteht. Bei Sauerstoff liegen aber die Verhältnisse insofern anders, als die Absorption wesentlich langwelligerer Strahlung $\lambda < 1750$ ÅE. zu einer Dissoziation des $O_2$-Moleküls in O-Atome führt. Diese O-Atome können ihrerseits wieder durch Lichtabsorption von $\lambda < 911$ ÅE. ionisiert werden, so daß also auch auf dem Wege über die O-Atome eine Ionisation entstehen kann.

*Entstehung der verschiedenen Schichten der Ionosphäre.*

Es liegt nun nahe anzunehmen, daß durch die Wirkung der verschiedenen Absorptionsprozesse die Ionisation in den verschiedenen Schichten der Ionosphäre entsteht. Diese Auffassung wird gene-

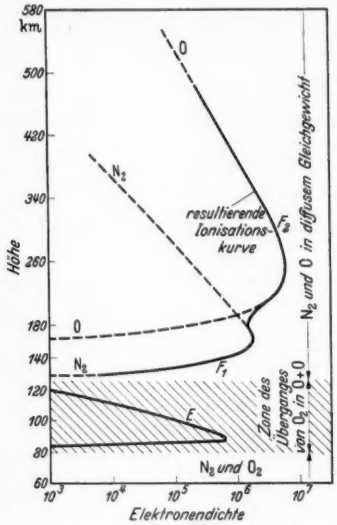



Fig. 5. Entstehung der Ionosphären-Schichten, nach S. K. MITRA (12).

rell auch von den meisten Ionosphärenforschern geteilt, über die Zuordnung im einzelnen gehen die Meinungen aber noch stark auseinander. Eine klare Entscheidung ist zur Zeit auch wohl nicht möglich, weil eben die Daten der Absorptionskoeffizienten unzureichend sind. Mit diesem Vorbehalt geben wir in Fig. 5 eine neuerdings von MITRA (12) vorgeschlagene Zuordnung wieder, derzufolge die *E*-Schicht durch die Photoionisation des $O_2$-Moleküls, die $F_1$-Schicht durch die des $N_2$-Moleküls und die $F_2$-Schicht durch die der O-Atome entstehen soll. Neuartig an dieser Zuordnung ist insbesondere die Entstehung der *E*-Schicht durch Ionisation des $O_2$. Man sieht zunächst nicht ein, weswegen dieselbe in einer so viel tieferen Schicht erfolgen soll. Man muß aber bedenken, daß, wie auch in Fig. 5 angedeutet, die $O_2$-Moleküle sich in der Zone von 80—130 km durch Absorption von

Licht der Wellenlänge $\lambda < 1750$ ÅE. unter Photodissoziazion in O-Atome verwandeln, so daß oberhalb von 130 km überhaupt keine $O_2$-Moleküle mehr vorhanden sind.

*Die Intensität der Sonnenstrahlung im extremen Ultraviolett.*

Wenn auch die vorstehend gegebene Zuordnung noch nicht die endgültige sein mag, so folgt doch aus den spektroskopischen Daten für die wirksamen Absorptionsgebiete, daß nur extrem kurzwellige Strahlung ionisierend wirken kann. Es entsteht nun die Frage, ob die nach plausiblen Annahmen zu erwartende Strahlung der Sonne in diesem Wellenlängenbereich ausreicht, um die beobachtete Ionisation der Ionosphäre zu erklären. Diese Frage ist insbesondere von SAHA (10) mit einem überraschenden Ergebnis behandelt worden.

Um eine plausible Annahme über den Verlauf der spektralen Intensitätsverteilung im extremen Ultraviolett machen zu können, müssen wir uns dieselbe im beobachtbaren Gebiet ansehen. Wenn nun auch nicht unerhebliche Abweichungen zwischen der Energieverteilungskurve der Sonne und der eines schwarzen Körpers bestehen, so kann man doch sagen, daß die beobachtbare Strahlung gemittelt über die ganze Scheibe ungefähr der eines schwarzen Körpers von 6500° entspricht. Dieser Wert ist eher etwas zu hoch gegriffen als zu tief. Die plausible Annahme ist nun die, daß auch im extremen Ultraviolett die dieser Temperatur entsprechende Verteilung vorhanden ist.

Nun ist sicher ein erheblicher Teil der Ionen der Ionosphäre auf die Ionisation von $N_2$ zurückzuführen. Dieselbe kann nur erzeugt werden durch Licht der Wellenlänge $\lambda < 661$ ÅE. Es ist leicht auszurechnen, wieviel Lichtquanten der Wellenlänge $\lambda < 661$ ÅE. von der Sonne ausgehend auf 1 qcm der Erdoberfläche pro Sek. senkrecht auftreffen würden, wenn die Sonne wie ein schwarzer Körper der Temperatur 6500° strahlen würde. SAHA (10) berechnet diese Zahl zu

$$N_q = 10^4 \text{ Quanten/cm}^2\text{sec.}$$

Da alle diese Quanten sicher absorbiert werden und jedes Quant bei der Absorption ein $N_2^+$-Ion und ein Elektron erzeugt, so ist auch die Zahl der pro Sek. in einer Säule von 1 qcm Querschnitt der Erdatmosphäre erzeugten Ionen $10^4$. Andererseits können wir berechnen, wie viel Ionen pro qcm und Sek. erzeugt werden müssen, um die in der Ionosphäre tatsächlich beobachtete und gemessene Ionisation aufrecht zu erhalten, d. h. durch Einstrahlung den dauernden Verlust von Ionen durch Wiedervereinigung zu kompensieren. CHAPMAN (13) hat ausgerechnet, daß dazu

$$N_e = 3 \cdot 10^{10} \text{ Ionen/cm}^2\text{sec}$$

in der Erdatmosphäre erzeugt werden müssen. Nun entfällt sicher ein Teil der Ionisation auf $O_2$ und O, aber mindestens $^1/_{10}$ der Ionisation muß dem $N_2$ zugeschrieben werden. Der Vergleich von $N_q$ und $N_e$ zwingt also zu dem Schluß, daß die extrem ultraviolette Strahlung der Sonne im Gebiet $\lambda < 660$ ÅE. größenordnungsmäßig $10^5$ bis $10^6$mal stärker sein muß als die eines schwarzen Körpers von 6500°.

Es soll zunächst der naheliegende Einwand entkräftet werden, daß die Existenz eines so enormen UV.-Überschusses die bisher angenommene Energiebilanz der Sonne über den Haufen werfe und z. B. den Wert der Solarkonstante völlig verändere. Eine einfache Rechnung zeigt nämlich, daß die Strahlung des schwarzen Körpers in diesem extrem ultravioletten Teil des Spektrums bereits so schwach ist, daß sie auch bei millionenfacher Verstärkung nur einen kleinen vernachlässigbaren Bruchteil der Gesamtstrahlung ausmacht. Allerdings darf man nicht annehmen, daß der Faktor $10^6$ auch für den langwelligeren Teil des UV.-Spektrums bestehen bleibt, man muß vielmehr erwarten, daß er mit wachsender Wellenlänge stark abnimmt, da wir ja wissen, daß er an der kurzwelligen Grenze des beobachtbaren Bereiches also bei etwa $\lambda$ 2900 ÅE. nahezu den Wert 1 hat. Richtiger ist es also zu sagen, daß der Abfall der Intensität der Sonnenstrahlung nach den kurzen Wellenlängen zu nicht den extrem steilen, dem PLANCKschen Gesetz entsprechenden Verlauf hat, sondern wesentlich langsamer erfolgt, wobei im ganz extrem kurzwelligen Gebiet schließlich Verstärkungsfaktoren zu erwarten sind, die vielleicht noch größer als $10^6$ sind. Daß das so ist, dafür sprechen auch andere direkte Beobachtungen auf der Sonne, auf die wir nun eingehen wollen.

*Die Bedeutung des UV.-Überschusses für die Astrophysik.*

Der Sonnenphysiker ist nämlich keineswegs überrascht über dies Ergebnis, das aus der Ionisationsbilanz der Ionosphäre abgeleitet wird. Die verschiedensten Anzeichen deuteten schon lange darauf hin, daß die Strahlung der Sonne im extremen UV. wesentlich stärker sein müsse, als der Strahlung des schwarzen Körpers einer plausiblen Temperatur entspricht. Und da natürlich Ähnliches wahrscheinlich auch für andere Fixsterne gilt, so kann man wohl sagen, daß die Frage nach der UV.-Strahlung der Fixsterne ein Kernproblem der modernen Physik der Sternatmosphären ist. Viele Schlüsse, die die Astrophysiker ziehen, z. B. über die Lichtanregung in den Sternatmosphären, den Gasnebeln der Milchstraße oder in den Gashüllen der neuen Sterne oder über die Wirkung der Sternstrahlung auf die interstellare Materie, basieren vorläufig auf der Annahme, daß die Fixsterne auch im extremen UV. wie schwarze Körper strahlen. Wenn diese Annahme sich nicht als richtig erweist, so werden manche Schlußfolgerungen einer grundlegenden Revision unterzogen werden müssen.

*Die Anregungsbedingungen in der Chromosphäre der Sonne.*

Die Anzeichen für einen Überschuß der UV.-Strahlung auf der Sonne lassen sich besonders deut-

lich aus Beobachtungen an der sog. Chromosphäre ableiten. Sie ist die äußere Schicht der Sonnenatmosphäre, liegt über der sog. umkehrenden Schicht von einigen 100 km Dicke, in der die FRAUNHOFERschen Linien entstehen, und reicht bis zu Höhen von etwa 14000 km über dem eigentlichen Sonnenrand. Sie ist mit den modernen Hilfsmitteln zu jeder Zeit, am besten aber bei totalen Sonnenfinsternissen zu beobachten in dem Moment, wo die Mondscheibe die Sonnenscheibe gerade abdeckt. Es blitzt dann für wenige Sekunden im Spektroskop des Beobachters das Spektrum der Chromosphäre auf, das lediglich aus Emissionslinien besteht. Diese stimmen in der großen Mehrzahl mit Linien des FRAUNHOFERschen Spektrums überein, aber es gibt Ausnahmen. Auf photographischen Aufnahmen treten außer zahlreichen schwachen Linien sehr stark die Wasserstofflinien der ganzen Balmerserie, außerdem Linien des He

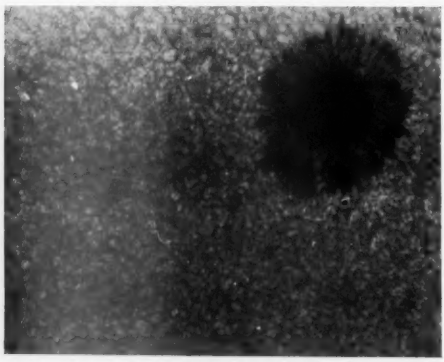


Fig. 6. Granulation in der Umgebung eines Sonnenflecken, aufgenommen am 5. August 1938. Maßstab: 1 mm = 1000 km.

auf, von denen $\lambda$ 5876 und 4471 am stärksten sind, und schließlich auch deutlich die Linie $\lambda$ 4686 des $He^+$. Eine einfache Rechnung unter Anwendung der SAHAschen Gleichung zeigt, daß weder die He-Linien noch gar die $He^+$-Linien in der beobachteten Intensität bei thermischem Gleichgewicht angeregt werden können. Ganz besonders gilt dies für die $He^+$-Linie. Die Ionisierungsspannung des He beträgt 24,5 Volt, die Anregungsspannung der Linie 4686 vom Grundzustand des $He^+$ aus 50,8 Volt. Die Strahlung eines schwarzen Körpers von 6500° ist im extremen UV. viel zu schwach, um He merklich zu ionisieren, geschweige denn, die gebildeten $He^+$-Ionen anzuregen. Wir kommen also auch hier zu der Annahme, daß die UV.-Strahlung der Photosphäre der Sonne wesentlich stärker sein muß, als der des schwarzen Körpers von 6500° entspricht. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Protuberanzen, auf die wir später noch ausführlicher zurückkommen werden. Auch in ihrem Spektrum treten die He- und $He^+$-Linien auf. UNSÖLD (14) hat ausgerechnet, daß in den Protuberanzen der Ionisationsgrad $He^{++}/He^+$ um 38 Zehnerpotenzen größer ist, als dem thermischen Gleichgewicht entspricht. Auch die Versuche, einen physikalischen Mechanismus anzugeben, der eine befriedigende Erklärung für die Eigenschaften der Chromosphäre und der Protuberanzen liefert, stoßen auf kaum überwindliche Schwierigkeiten, solange man nicht annimmt, daß im extremen UV. ein Energieüberschuß vorhanden ist, der durch Strahlungsdruck Atome wie H und He in die Höhe treiben kann.

Ergänzend sei bemerkt, daß auch die Spektren der Kometen, deren Lichtanregung ja auch ausschließlich durch die Sonnenstrahlung erfolgt, Anhaltspunkte für einen UV.-Überschuß liefern. Es sind jedoch die Verhältnisse noch nicht soweit geklärt, daß sichere Ergebnisse mitgeteilt werden könnten.

### *Mögliche Ursache des UV.-Überschusses der Sonnenstrahlung.*

Selbstverständlich haben sich die Astrophysiker über die Ursache und das Zustandekommen dieser UV.-Strahlung den Kopf zerbrochen, eine allgemein anerkannte Theorie ist aber noch nicht vorhanden. Die Überlegungen gehen etwa in folgender Richtung: Die bisherige Vorstellung über den physikalischen Zustand eines Fixsternes ist die, daß es sich um eine Gaskugel im Strahlungsgleichgewicht handelt. Das besagt neben anderem auch dies, daß die Gasmasse sich in einem statischen Gleichgewichtszustand befindet und daß die im Innern erzeugte Energie lediglich durch den Strahlungsstrom nach außen abgeführt wird, ohne daß konvektive oder turbulente Strömungen entstehen. Ein wichtiges Kriterium für diese Annahme ist der Verlauf der Randverdunklung der Sonne. Aus ihm läßt sich der Verlauf der Temperatur in den äußeren Schichten der Sonne ableiten und dieser ergibt sich gerade so, wie es bei Vorhandensein von reinem Strahlungsgleichgewicht zu erwarten ist. Nun gibt es aber eine Reihe von Erscheinungen, die sich nicht ohne die Annahme von Strömungen in zumindest den äußeren Teilen der Sonne deuten lassen. In erster Linie gehört hierhin das Phänomen der Granulation. Wie Fig. 6 zeigt, ist die Sonne außerhalb einer durch einen Fleck gestörten Stelle auch in kleinen Bereichen ihrer Oberfläche nicht gleichmäßig hell, sondern zeigt einen dauernden Wechsel zwischen helleren und dunkleren Gebieten. Diese Elementargebiete haben einen Durchmesser von etwa 1", was etwa 1000 km entspricht. Die Struktur dieser Granulation ändert sich völlig im Laufe von einigen Minuten und es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß die Granulation durch auf- und absteigende Strömungen entsteht. Die physikalische Ursache dieser Erscheinung hat zuerst UNSÖLD (15) erkannt und SIEDENTOPF (16) hat dieselbe zur Deutung der Granulation herangezogen. Schon SCHWARZSCHILD

hat vor langer Zeit gezeigt, daß das Strahlungsgleichgewicht nur dann ein stabiler Zustand gegenüber einem Energietransport durch konvektive Strömungen ist, solange das Verhältnis der spezifischen Wärmen der Gasmassen $c_p/c_v$ einen bestimmten Wert nicht unterschreitet. Für einatomige Gase mit $c_p/c_v = 5/3$ ist das Strahlungsgleichgewicht sicher stabil bis in größere Tiefen der Sonne. Nun kommt aber in bestimmter Tiefe eine Zone, in der der Wasserstoff, der mengenmäßig den Hauptbestandteil der Sonnenmaterie ausmacht, vom Zustand des neutralen Atoms in den des ionisierten übergeht. Durch die hinzukommenden freien Elektronen wächst die Zahl der Freiheitsgrade des Gemisches Ionen + Elektronen, und $c_p/c_v$ nimmt ab. Die Rechnung von UNSÖLD (15) zeigt, daß in einer bestimmten Zone unterhalb der eigentlichen Sonnenoberfläche das Strahlungsgleichgewicht instabil wird. Infolgedessen setzt Konvektion ein, und zwar muß diese, da die REYNOLDSche Zahl überschritten wird, turbulent sein. Es bilden sich also aufsteigende heißere und absteigende dunklere Turbulenzelemente, die von SIEDENTOPF (16) mit den Elementargebieten der Granulation identifiziert wurden.

Was hat nun dieses Granulationsphänomen mit dem UV.-Überschuß zu tun? Zunächst könnte man denken, daß die heißeren Granulationselemente infolge der höheren Temperatur den erforderlichen Überschuß im UV. ergeben. Wie man sich leicht überzeugt, reicht aber dazu die aus dem beobachtbaren Spektralgebiet abgeleitete Temperaturerhöhung in keiner Weise aus. Wohl aber ist es denkbar, daß diese Granulationselemente eine Strahlung im UV. ergeben, die wesentlich stärker ist, als der Temperatur entspricht. Wenn nämlich durch die Konvektion ionisierter Wasserstoff in die Höhe getrieben wird und die Wiedervereinigung erst so weit außen einsetzt, daß die dabei entstehende Strahlung der Lyman-Serie und des Lyman-Kontinuums direkt nach außen hinausdringen kann, so wäre damit eine Möglichkeit für die Entstehung eines erheblichen Strahlungsüberschusses im extremen Ultraviolett gegeben. Die bisher durchgeführten Rechnungen (17) haben allerdings noch nicht zu einem völlig befriedigenden quantitativen Ergebnis geführt.

Wenn an dieser Vorstellung etwas Richtiges ist, so wirft sie ein interessantes Schlaglicht auf die Frage nach der spektralen Intensitätsverteilung des UV.-Überschusses. Man würde danach erwarten, daß es sich nicht um ein Kontinuum im Sinne eines Temperaturstrahlers handelt, sondern im wesentlichen um das Kontinuum an der Grenze der Lyman-Serie des Wasserstoffes, das bei $\lambda$ 911 ÅE. einsetzt und mit abnehmender Intensität nach kurzen Wellenlängen ausläuft. Da die Abnahme der Intensität dieses Kontinuums sicher langsamer erfolgt, als der Planck-Funktion entspricht, so würde dadurch auch die Zunahme des Überschusses mit abnehmender Wellenlänge verständlich.

*Zur Deutung der 11jährigen Periode der Ionisation der Ionosphäre.*

Nunmehr müssen wir noch einmal auf das Beobachtungsergebnis zurückkommen, daß die Ionisation der Ionosphäre dem Rhythmus der 11jährigen Fleckenperiode folgt in dem Sinne, daß die Ionisation mit wachsender Fleckenzahl zunimmt. Die Granulation zeigt nun aber keinen feststellbaren Gang mit der Fleckenperiode. Das macht die Annahme eines Zusammenhanges zwischen Granulation und UV.-Überschuß noch nicht völlig hinfällig, denn es ist sicher nicht so, daß die Ionisation mit derselben Amplitude wie die Fleckenzahl variiert und z. B. zur Zeit des Fleckenminimums wie die Flecken selbst verschwindet. Die richtigere Auffassung ist die, daß sich einer

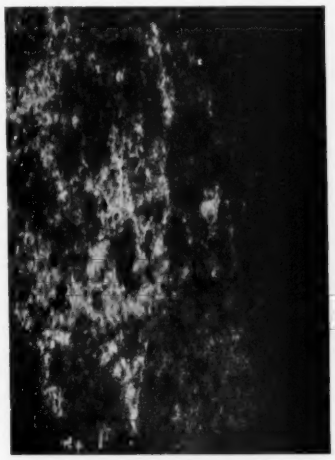


Fig. 7. Fackeln in der Nähe des Sonnenrandes, aufgenommen am 27. September 1938 mit dem Turmteleskop des Institus für Sonnenphysik, Potsdam. Maßstab: 1 mm = 1500 km.

zeitlich konstanten Ionisation ein der Fleckenperiode folgender Einfluß überlagert. Es ist also durchaus möglich, den konstanten Teil mit der Granulation in Zusammenhang zu bringen, es müßte dann aber noch eine zweite Quelle der UV.-Strahlung auf der Sonne vorhanden sein, die mit der 11jährigen Periode variiert. Es ist natürlich abwegig, an die Flecken selbst zu denken, da sie doch offensichtlich Gebiete niedrigerer Temperatur sind. Viel näher liegt es, die sog. Fackeln als die Herde dieser zusätzlichen UV.-Strahlung anzusprechen. Die Fackeln sind, wie Fig. 7 zeigt, ausgedehnte Gebiete erhöhter Helligkeit, die bevorzugt in der Umgebung der Flecken auftreten und deren Häufigkeit sich parallel der Fleckenzahl mit der 11jährigen Periode ändert. Sie sind besonders deutlich zu erkennen, wenn sie sich in der Nähe des Sonnenrandes befinden, sie lösen sich, wie neueste

Aufnahmen am Institut für Sonnenphysik in Potsdam[1] zeigen, in einzelne helle Punkte von der Größe der Granulationselemente auf. Dies deutet schon auf einen Zusammenhang mit der Granulation hin, und wenn wir heute auch über die Entstehungsursache der Fackeln nur sehr wenig wissen, so scheint es doch sinnvoll, in ihnen die Quelle der zusätzlichen UV.-Strahlung zu sehen, die mit der 11jährigen Periode variiert.

*Zur Frage einer von der Sonne ausgehenden Korpuskularstrahlung neutraler Partikeln.*

Zum Schluß muß noch eine Annahme besprochen werden, die in der Literatur verschiedentlich diskutiert und herangezogen worden ist, um manche Schwierigkeiten zu beheben. Es ist die Frage, ob die normale Ionisation in den verschiedenen Schichten nicht ganz oder teilweise durch eine von der Sonne ausgehende Korpuskularstrahlung neutraler Partikeln verursacht werden könnte. Elektrisch neutral müssen die Partikeln deswegen sein, weil sie bei Vorhandensein einer elektrischen Ladung im erdmagnetischen Felde abgelenkt werden und nicht nur die Tagseite der Erde treffen würden. Betrachten wir zunächst die *E*-Schicht. Würde diese, wie z. B. CHAPMAN (13) angenommen hat, vollständig durch eine neutrale Korpuskularstrahlung entstehen, so müßte diese, wie aus den Finsternisbeobachtungen hervorgeht, praktisch Lichtgeschwindigkeit haben. Ganz abgesehen davon, daß keine Beobachtungen auf der Sonne selbst auf das Vorhandensein einer solchen Strahlung hindeuten und in keiner Weise einzusehen ist, wie dieselbe auf der Sonne zustande kommen sollte, so würde dieselbe auch, solange man plausible Annahmen über die Dichteverteilung der hohen Erdatmosphäre macht und annimmt, daß die Strahlung aus den Atomen kleinster Reichweite, den Wasserstoffatomen, besteht, wesentlich tiefer eindringen, als der Höhe der *E*-Schicht entspricht. Auf eine spezielle Beobachtungstatsache, die für die Wirkung einer Korpuskularstrahlung spricht, hat insbesondere ZENNECK (3) hingewiesen. Es ist die Erscheinung der sog. intermittierenden Reflexion, die zeigt, daß in der *E*-Schicht Stellen höherer und geringerer Ionisation miteinander abwechseln, bei deren Vorbeiziehen über der Beobachtungsstation die Reflexion eintritt bzw. aussetzt. Wenn man glaubt, eine solche wolkige Struktur der Ionisationsschicht durch eine räumliche Variabilität der ionisierenden Strahlung erklären zu müssen, so ist es in der Tat leichter, diese Variabilität einer Korpuskularstrahlung zuzuschreiben als einer Wellenstrahlung. Aber auch bei ersterer erscheint eine solche Annahme schließlich doch schwer verständlich, weil auch diese ja von der ganzen Sonnenoberfläche ausgehen müßte, so daß Schwankungen in einem so kleinen Bereich, wie es diese Wolkengebilde der Ionosphäre sind, kaum erwartet werden können. Außerdem aber scheint es keineswegs ausgeschlossen, daß die beobachteten Ionisationsschwankungen bei konstanter einfallender Strahlung durch Vorgänge in der Erdatmosphäre selbst entstehen, sei es als rein statistische Schwankungen, sei es durch Vorgänge, die mit der normalen Wolkenbildung eine gewisse Ähnlichkeit haben.

Auch bei den *F*-Schichten scheinen die Finsternisbeobachtungen gegen eine Korpuskularstrahlung zu sprechen, es sei denn, daß dieselbe praktisch Lichtgeschwindigkeit besitzt, was bei den *F*-Schichten auf noch größere Unstimmigkeiten hinsichtlich der Eindringtiefe stößt als bei der *E*-Schicht. Eine Erscheinung, die, worauf wieder ZENNECK (3) hinweist, für die Wirkung einer Korpuskularstrahlung spricht, ist die Feststellung, daß die Ionisation der $F_2$-Schicht sich von Tag zu Tag erheblich ändert. Man wird dies natürlich gerne durch eine variable Korpuskularstrahlung erklären, aber man kann und muß sogar auch annehmen, daß der mit den Fackeln zusammenhängende Teil der UV.-Strahlung Schwankungen unterworfen ist, die eben der zeitlichen Variabilität dieser Gebilde entspricht.

Aus vergleichenden Messungen auf der Nord- und Südhalbkugel (18) scheint hervorzugehen, daß außer dem jahreszeitlichen Effekt der Sonnenstrahlung auch ein nichtjahreszeitlicher, sondern jährlicher, d. h. auf Nord- und Südhalbkugel zeitlich gleich verlaufender Effekt vorhanden ist. Dies sei hier angeführt, um zu zeigen, daß die Vorgänge in der *F*-Schicht noch keineswegs völlig geklärt sind.

Trotzdem kann man aber wohl sagen, daß kein Beobachtungsergebnis an der Ionosphäre unbedingt dazu zwingt, eine von der Sonne ausgehende Korpuskularstrahlung neutraler Partikeln von nahezu Lichtgeschwindigkeit anzunehmen und daß auch kein Beobachtungsergebnis an der Sonne selbst oder einem anderen Himmelskörper Hinweise auf das Vorhandensein einer solchen Strahlung liefert.

In einem folgenden zweiten Teil sollen Störungen der Ionosphäre und ihr Zusammenhang mit Vorgängen auf der Sonne behandelt werden.

[1] Für die Überlassung dieser Aufnahme bin ich Herrn Prof. P. TEN BRUGGENCATE zu besonderem Dank verpflichtet.

*Literatur zu Teil I.*

1. H. R. MIMNO, The physics of the ionosphare. Rev. of modern Phys. **9**, 1 (1937). — 2. W. DIEMNIGER, Die Ionosphäre und ihr Einfluß auf die Ausbreitung elektrischer Wellen. Erg. exakt. Naturwiss. **17**, 282 (1938). — 3. J. ZENNECK, Physik der hohen Atmosphäre. Erg. kosm. Physik **3**, 1 (1938). — 4. W. M. GOODALL, Proc. Inst. Rad. Eng. **25**, 1414 (1937). — 5. H. MÖGEL, Telefunkenztg **1934**, Nr 67. — 6. C. G. ABBOT, Smithsonian Ann. **5**, 253 (1932). — 7. FR. BAUR, Meteorolog. Z. **47**, 190 (1930). — 8. E. MEYER, M. SCHEIN, B. STOLL, Nature (Lond.) **134**, 535 (1934) — K. O. KIEPENHEUER, Z. Astrophys. **14**, 348 (1937) — Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-physik. Kl. **3**, 112 (1938). — 9. J. DUFAY, J. Phys. **5**, 523 (1934). — J. GAUZIT, J. de Phys. **5**, 527 (1934); Nature (Lond.) **142**, 572 (1938). — 10. M. N. SAHA, Proc. roy Soc.

160, 155 (1937). — 11. SLIPHER, Monthly Not. 93, 657 (1933). — 12. S. K. MITRA, Nature (Lond.) 142, 914 (1938). — 13. S. CHAPMAN, Proc. roy. Soc. A 132, 353 (1931). — 14. A. UNSÖLD, Physik der Sternatmosphären, S. 420. — 15. A. UNSÖLD, Physik der Sternatmosphären, S. 380ff. — 16. H. SIEDENTOPF, Astr. Nachr. 255, 157 (1935). — 17. L. BIERMANN, unveröffentlicht. — 18. L. V. BERKNER u. H. W. WELLS, Terr. Mag. u. Atm. El. 43, 15 (1938).

(2. Teil: *Die Sonne als Ursache von Störungen der Ionosphäre*, folgt.)

# Über Einzel- und Kombinationswirkungen des kurzwelligen und langwelligen Ultravioletts bei Bestrahlung der menschlichen Haut[1].

Von ISOLDE HAUSSER.

Durch meine früheren Untersuchungen (1) konnte ich zeigen, daß die menschliche Haut außer dem von K. W. HAUSSER und W. VAHLE (2) nachgewiesenen, überwiegend erythembildenden Wirkungsspektrum im kurzwelligen Ultraviolett (um 298 m$\mu$) noch ein überwiegend pigmentbildendes Wirkungsspektrum im langwelligen Ultraviolett (um 385 m$\mu$) besitzt, und ferner, daß sich beide Spektralbereiche durch den verschiedenen zeitlichen Ablauf ihrer Wirkungen charakteristisch unterscheiden.

Versuche mit spektral zerlegtem Licht lassen sich im langwelligen Ultraviolett nur mit extrem starken Lichtquellen durchführen. Ich wählte daher zu meinen ersten Versuchen das kontinuierliche Spektrum einer Beckbogenlampe. Für die im folgenden beschriebenen Versuche stand das Linienspektrum einer Cadmiumlampe hoher Intensität, einer Spezialausführung der Siemens-Reiniger-Werke[2], zur Verfügung. Die Verwendung von Linienspektren für Bestrahlungsversuche, die die Einstrahlung von Spektrallinien genau definierter Wellenlänge und eine leichtere Kontrolle unerwünschter Streustrahlungen gestatten, sind von besonderem Vorteil bei einem Bestrahlungsobjekt, wie die menschliche Haut, das sich schlecht exakt im Strahlengang fixieren läßt und außerdem in seinen Eigenschaften räumlich und zeitlich veränderlich ist. Der Mangel an Strahlungsquellen mit einer hinreichenden Anzahl Linien hoher Intensität im langwelligen Ultraviolett gestattet es aber leider noch immer nicht, den Verlauf des Wirkungsspektrums der menschlichen Haut im einzelnen in diesem Bereiche festzulegen.

Bei der vorliegenden Arbeit wurden die Linien 346 und 361 m$\mu$ aus dem langwelligen und die Linie 298 m$\mu$ aus dem kurzwelligen Ultraviolett in bestimmtem Energieverhältnis auf die unpigmentierte Haut des Unterarms (Außenseite) erstens getrennt voneinander und ferner in Kombination miteinander eingestrahlt.

Der Ablauf der Wirkungen für die beiden getrennt eingestrahlten Spektralbereiche ist in den Fig. 1, 2 und 3 dargestellt. Den Verlauf der Wirkung der kombinierten Bestrahlung zeigt die Fig. 4.

Für die Erzielung besonders reiner Einzelwirkungen und klarer Kombinationswirkungen der verschiedenen Spektralbereiche ist die Vermeidung von störendem Streulicht anderer Wellenlängen am Orte der zu untersuchenden Spektrallinie besonders wichtig. Ich denke dabei z. B. daran, daß sich bei zweimaliger Bestrahlung der gleichen Hautstelle die Erytheme addieren, daß also für die zweite Einstrahlung die Schwelle vermindert ist[1]. Eine merkliche Beeinflussung der Wirkung der Linie 298 m$\mu$ durch Streulicht anderer Wellenlänge ist nicht zu befürchten. Da bei gleicher eingestrahlter Intensität alle anderen, besonders die langwelligeren Spektralbereiche eine schwächere oder gar unmerkliche Wirkung ausüben würden, kann Streulicht der anderen Wellenlängen, das am Orte der Linie 298 m$\mu$ nur zu einem geringen Bruchteil der Intensität dieser Linie vorhanden ist, keine merklichen Störungen verursachen. Anders liegen die Verhältnisse bei Einstrahlung der Linien 346 und 361 m$\mu$. Da die Intensität dieser Spektrallinien aus dem Spektrum der Cd-Lampe nicht das zur Erzielung der gleichen Wirkung erforderliche Vielfache der Intensität der Linie 298 m$\mu$ beträgt, kann die erforderliche wirksame Dosis nur durch sehr viel längere Bestrahlungszeiten erreicht werden. In diesen langen Zeiten könnte aber Streulicht des hochwirksamen kurzwelligen Spektralgebietes ($\lambda \leqq 310$ m$\mu$), selbst wenn es sehr schwach ist, schon störend wirksam werden. Aus diesem Grunde wurde bei Einstrahlung der Linien 346 und 361 m$\mu$ in den Strahlengang ein Absorptionsfilter eingeschaltet, dessen Durchlässigkeit unterhalb 330 m$\mu$ stark abnimmt, so daß im Strahlengang vorhandenes, kurzwelliges Streulicht noch weiter auf einen unwirksamen Bruchteil geschwächt wurde. Kontrollen in den Lücken zwischen den Spektrallinien ergaben Strörungsfreiheit.

Den Zeitablauf der Strahlenwirkung auf die Haut für langwelliges und kurzwelliges Ultraviolett getrennt voneinander, bei im Maximum etwa gleich starker Hautwirkung, d. h. Hautverfärbung, stellen die Kurven in Fig. 1a und b dar und die photographischen Aufnahmen in Fig. 2 und 3.

Die Ordinaten der Fig. 1 sind in willkürliche Einheiten der Erythem- und Pigmentbildung eingeteilt, die durch Vergleich mit Farbskalen gewonnen wurden. Die Abszissen zerfallen in zwei Teile, die durch eine doppelte Grenzlinie voneinander getrennt sind. Die Kurven links von der Grenzlinie stellen den Ablauf der Wirkung der eingestrahlten Dosis *während der Einstrahlung* dar. Die Abszisse dieses Teiles ist in Bruchteile der eingestrahlten Gesamtdosis eingeteilt. Die Grenzlinie stellt also, von dieser Seite gerechnet, die Erreichung der $^1/_1$ Gesamtdosis und das Ende der Bestrahlung dar. Die Kurven rechts von der Grenzlinie stellen den Zeitablauf der Wirkung *nach der Einstrahlung* dar. Die Abszisse dieses Teils ist in Stunden eingeteilt, gerechnet vom Ende der Einstrahlung an. Da die Teilung logarithmisch ist, stellt die Trennlinie von dieser Seite aus gerechnet die Zeit 1 Stunde nach der Bestrahlung dar. Die Ordinaten am Schluß der Bestrahlung und 1 Stunde später sind einander gleich

[1] Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung in Heidelberg, Abt. I. HAUSSER. Eingegangen am 27. Juli 1939.

[2] Für die Überlassung der Speziallampe spreche ich der Firma Siemens-Reiniger, Erlangen, meinen besten Dank aus.

[1] Ich verweise auf die Messungen von D. LANGEN, Bioklimatische Forschungsstelle Kiel, Leiter Dr. H. PFLEIDERER (3).

gesetzt, da in dieser Zeit eine merkliche Änderung der Wirkung nicht feststellbar war.

Die charakteristischen Merkmale für den Zeitablauf der Wirkungen in den beiden Spektralbereichen ergeben sich wie folgt:

1. Für langwelliges Ultraviolett (s. die Kurven in Fig. 1a, die z. B. für 346 und 361 mμ gelten) tritt die Wirkung schon während der Einstrahlung der Dosis ein. Sie besteht vom Sichtbarwerden an in einer braunroten Verfärbung der Haut (ausgezogene Kurve Fig. 1a), die sich in einen Erythemanteil, der bei

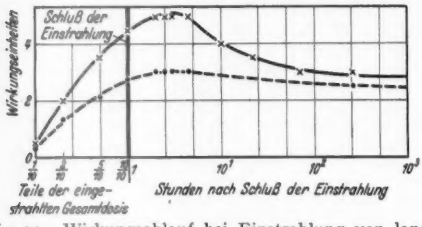



Fig. 1a. Wirkungsablauf bei Einstrahlung von langwelligem Ultraviolett (346 bzw. 361 mμ) auf menschliche Haut. —— Gesamtverfärbung, ——— Pigment.

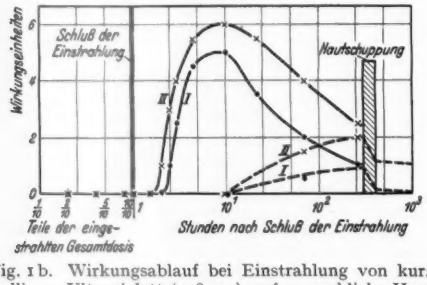



Fig. 1b. Wirkungsablauf bei Einstrahlung von kurzwelligem Ultraviolett (298 mμ) auf menschliche Haut. —— Gesamtverfärbung, ——— Pigment.

Druck verschwindet, und einem Pigmentanteil (gestrichelte Kurve Fig. 1a), der bei Druck erhalten bleibt, zerlegen läßt. Der Grad der Hautverfärbung wächst für kleinere Dosen unterhalb der Sättigung, wie sie hier betrachtet werden, mit der Größe der eingestrahlten Dosis. Ist am Schluß der Einstrahlung keine Wirkung sichtbar, so tritt auch später keine auf. Der am Schluß der Bestrahlung erzielte Grad der Verfärbung wird durch leichtes Anwachsen des begleitenden Erythems während der nächsten 1—3 Stunden nur noch wenig überschritten. Das Erythem klingt relativ schnell ab, bei den untersuchten Dosen (etwa $1{,}1 \times 10^8$ erg/qcm in 120 Minuten) in etwa 12 Stunden, während das Pigment nur sehr langsam im Laufe von Wochen abnimmt. Für langwelliges Ultraviolett gibt es keine Latenzzeit der Wirkung. Ebenfalls gibt es keine Schälung oder Schuppung der Haut.

Photographisch zeigt den Wirkungsablauf nach Schluß der Einstrahlung die Fig. 2, in der die beiden eng beeinander liegenden Linien den Cd-Linien 346 und 361 mμ entsprechen. Die Deutung der Photos im einzelnen in bezug auf Erythem- und Pigmentablauf kann durch Vergleich mit den Kurven an Hand der angegebenen Zeitpunkte für die Aufnahmen erfolgen.

2. Ganz anders verläuft bekanntlich die Wirkung bei Einstrahlung von kurzwelligem Ultraviolett (298mμ) die der Wirkung des langwelligen im folgenden zum Vergleich gegenübergestellt wird. Die beiden Kurven I und II in Fig. 1b und entsprechend die beiden Spektrallinien für 298 mμ auf den Photos, gelten für zwei verschiedene, sich voneinander um 20% unterscheidende

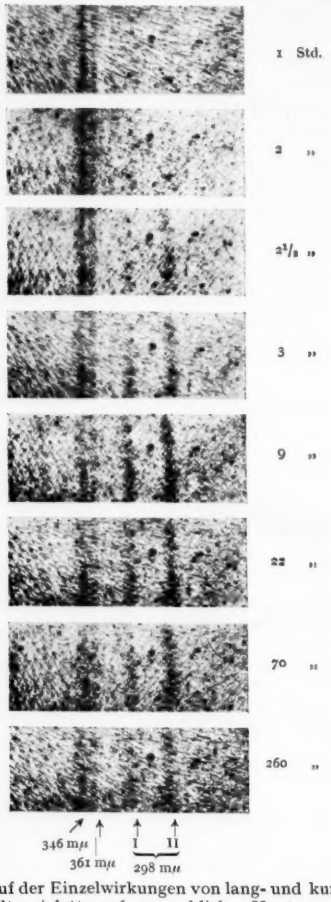



Fig. 2. Ablauf der Einzelwirkungen von lang- und kurzwelligem Ultraviolett auf menschliche Haut, nach Schluß der Einstrahlung aufgenommen zu den angegebenen Zeitpunkten.

Dosen, die im Maximum ihrer Wirkung etwa der maximalen Hautverfärbung im langwelligen Ultraviolett gleichkommen. Für kurzwelliges Ultraviolett tritt während der Einstrahlung niemals eine sichtbare Wirkung ein. Bei den gewählten Dosen (für I: $0{,}52 \times 10^6$ erg/qcm) beträgt die Latenzzeit vom Schluß der Bestrahlung bis zum ersten Sichtbarwerden einer Hautverfärbung 2—$2^1/_2$ Stunden. In den ersten 20—24 Stunden besteht diese karminrote Hautverfärbung nur aus einem Erythem, d. h. sie verschwindet vollkommen bei Druck (Fig. 3). Erst vom zweiten Tage

an bildet sich neben dem Erythem, das langsam abzuklingen beginnt, ein schwaches Pigment aus. Dieses Pigment wächst langsam weiter, während das Erythem abnimmt, und erreicht sein Maximum, je nach der Dosis, am 5. bis 10. Tage. Nach 10—12 Tagen setzt stets Schuppung oder Schälung ein, durch die ein Teil des Pigmentes abgestoßen wird. Bei gleicher maximaler Hautverfärbung ist das Verhältnis von Pigment zu Erythem für langwelliges Ultraviolett günstiger als für kurzwelliges (1).

Die Hautwirkung der natürlichen Sonnenbestrahlung ist das Ergebnis des Zusammenwirkens der verschiedenen Spektralbereiche. Dieses Ergebnis wird sich mit der Intensität der einzelnen Faktoren, die an seinem Zustandekommen beteiligt sind, ändern. Wir haben also nicht nur Gradunterschiede der Sonnenwirkung mit der Höhenlage und den Absorptionsverähltnissen in der Atmosphäre zu erwarten, sondern Unterschiede im Charakter der Wirkung.

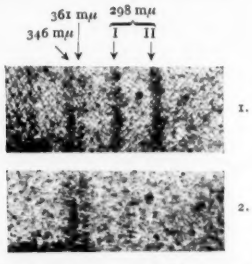



Fig. 3. Wirkungsmaximum von Fig. 1 und 2, 9 Stunden: 1. ohne Druck, Gesamtverfärbungen, 2. unter Druck, Pigmente.

Zur Untersuchung ihres Zusammenwirkens in bezug auf die Erythem- und Pigmentbildung, wurden die beiden, in ihren Einzelwirkungen bekannten kurzwelligen (298 mμ) und langwelligen (346 und 361 mμ) Spektralbereiche in Kombination miteinander eingestrahlt. Zu diesem Zwecke wurde am Unterarm ein unpigmentiertes Feld von der Größe 20 × 7 qmm zunächst allein mit Licht der Spektrallinie 298 mμ bestrahlt. Die Dosis betrug $0{,}63 \times 10^6$ erg/qcm, entsprach also der Dosis II in Fig. 1b. Senkrecht zur Längsrichtung dieses Feldes wurden darauf die Spektrallinien 346 und 361 mμ so eingestrahlt, daß sie teilweise auf das vorbestrahlte Feld und teilweise auf nicht vorbestrahlte Haut wirkten. Die Dosis betrug $1{,}1 \times 10^6$ erg/qcm in 120 Minuten, entsprach also der Dosis in Fig. 1a. Die Photographien in Fig. 4, die zu den in der Figur angegebenen Zeitpunkten des Wirkungsablaufes aufgenommen wurden, gestatten einen Vergleich der Einzelwirkungen beider Spektralbereiche mit ihrer Kombinationswirkung an der Überlappungsstelle. Das Abklingen des Erythems und das Anwachsen des Pigments kann für die Einzelwirkungen auf Grund der angegebenen Zeiten aus den Kurven in Fig. 1a und b entnommen werden. An der Überlappungsstelle ergibt sich sowohl im Anfangsstadium ein verstärktes Erythem (Fig. 4: 14 und 38 Stunden), als auch später ein verstärktes Pigment (Fig. 4: 160, 280 und etwa 1000 Stunden). Das verstärkte Pigment bleibt auch bestehen, nachdem sich das mit 298 mμ vorbestrahlte Feld geschält hat (Fig. 4: 280 Stunden Schuppungsstadium), es ist sehr dauerhaft und klingt nur äußerst langsam ab.

Die Entstehung von verstärktem Erythem und Pigment ist unabhängig von der Reihenfolge der Einstrahlung von kurzwelligem und langwelligem Ultraviolett, sofern die Einstrahlungen nur in kurzen Zeitabständen aufeinander folgen. Die dargestellten Verstärkungen wurden nur bei Kombination von überschwelligen Dosen beobachtet.

Ob die Verstärkung des Erythems nach Einstrahlung von so verschiedenartig wirkenden Faktoren, wie kurzwelliges und langwelliges Ultraviolett, als reine Addition der Erytheme aufzufassen ist, erfordert sehr genaue Messungen und konnte noch nicht entschieden werden.

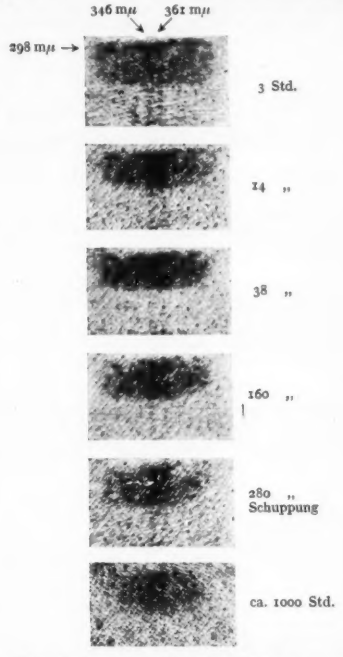



Fig. 4. Ablauf der Kombinationswirkung von lang- und kurzwelligem Ultraviolett auf menschliche Haut, nach Schluß der Einstrahlung aufgenommen zu den angegebenen Zeitpunkten.

Der von D. LANGEN untersuchte „Rötungssprung", der nach meinen Erfahrungen auch nach rein monochromatischer Einstrahlung von 298 mμ beobachtet wird, ist eine Unstetigkeit der Gefäßreaktion, wie auch schon D. LANGEN (3) gefolgert hat, und keine Kombinationswirkung.

Die als Kombinationswirkung auftretende verstärkte Pigmentierung als reine Addition der Farbdichten aufzufassen, ist nicht angezeigt. Denn die durch die Kombinationswirkung entstandene Pigmentierung bleibt noch deutlich sichtbar, wenn eine oder beide ihrer Komponenten aus den Einzelwirkungen bereits unsichtbar geworden sind. Der Vorgang der Pigmentierung im langwelligen Ultraviolett ist ein anderer als der im kurzwelligen. Die allein durch langwelliges Ultraviolett hervorgerufene Pigmentierung sitzt in tieferen Schichten der Epidermis. Aus den interessanten histologischen Untersuchungen von MIE-

SCHER (4) nach Bestrahlungen mit unzerlegtem Quecksilberlicht geht hervor, daß Pigmente aus der tieferen Basalschicht während des Wirkungsablaufs in die obere Hornschicht übergeführt werden. Man gewinnt bei dem Vergleich der Einzel- und Kombinationswirkungen den Eindruck, daß das starke Erythem des Spektralbereichs um 298 mμ Pigment, das in der Tiefe durch Licht von 346 und 361 mμ Wellenlänge gebildet wird, mehr an die Oberfläche bringt und dadurch besser sichtbar werden läßt. Ob bei der Kombinationswirkung des langwelligen und des kurzwelligen Ultravioletts auch noch eine Verstärkung der Pigmentbildung eintritt, bleibt noch zu klären.

Die bei diesen Versuchen in den beiden Spektralbereichen eingestrahlten Dosen kommen absolut und relativ zueinander den Verhältnissen bei Sonnenbestrahlungen nahe. Bei der Beurteilung der Wirkungen unzerlegten Lichts von natürlichen und künstlichen Lichtquellen wird die dargestellte Kombinationswirkung zu berücksichtigen sein.

*Literatur.*

1. I. HAUSSER, Naturwiss. **26**, 136 (1938) — Strahlenther. **62**, 315 (1938). — I. HAUSSER u. A. UEBERLE, Strahlenther. **62**, 323 (1938). — 2. K. W. HAUSSER u. W. VAHLE, Strahlenther. **13**, 41 (1921); **28**, 25 (1928); — Wiss. Veröff. Siemenskonzern **6**, 101 (1927). — 3. D. LANGEN, Strahlenther. **63**, 142 (1938). — 4. G. MIESCHER, Strahlenther. **35**, 403 (1930); **45**, 201 (1932).

# Kurze Originalmitteilungen.

**Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.**

## Die Wirkung von NaSCN auf die Entwicklung von Froschembryonen.

Aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien der Eier und Embryonen von *Rana esculenta* L. wurden verschieden lange dem Einfluß einer 0,5- oder 1proz. Lösung von NaSCN ausgesetzt.

Tabelle 1. (NaSCN 0,5 %; T = 16—18°.)

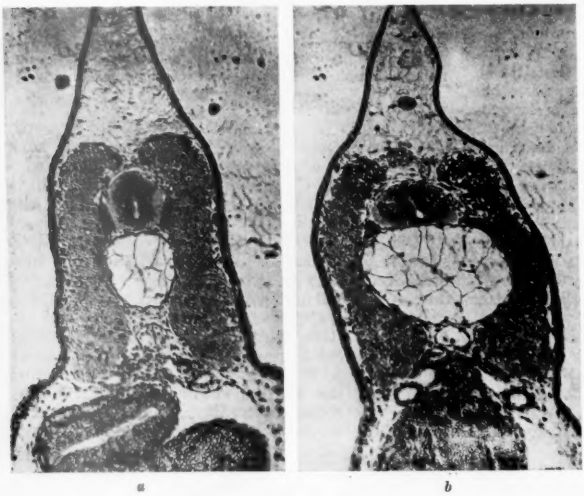
| Stadium zu Beginn des Versuches | | Zeit der Einwirkung in Stunden | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Stadium | Alter Std. | 12 | 24 | 48 | 72 |
| Ungefurchte Eier | 1 | E | UL | UL | |
| Ältere Blastula . . | 18 | E | E | E | G.u.NP |
| Urmundlippe . . . | 23 | E | NP | G | |
| Dotterpfropf . . . | 41 | DP | | | |
| Neuralplatte . . . | 48 | NP | | | |
| Neuralrinne, fast geschlossen. . . | 65 | NR | | | |

E = Entwicklung geht weiter; DP = gestorben auf dem Stadium des Dotterpfropfes; G = gestorben während der Gastrulation; NP = gestorben auf dem Stadium der Neuralplatte; NR = gestorben auf dem Stadium der Neuralrinne; UL = gestorben auf dem Stadium der Urmundlippe.

Die Resultate einer Versuchsserie sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Sie zeigen, wie die Empfindlichkeit der Embryonen gegenüber NaSCN im Laufe der Entwicklung sich verändert. Sie ist verhältnismäßig hoch während der frühesten Entwicklungsstadien, nimmt zu Beginn der Gastrulation ab und wird später, vom Stadium des Dotterpfropfes an, noch größer als anfangs. Diese Befunde lassen sich mit zwei bekannten Tatsachen zusammenbringen: A. Nach Untersuchungen über den respiratorischen Quotienten muß zu Beginn der Gastrulation der Stoffwechsel des Keimes vorwiegend ein Kohlehydratstoffwechsel sein; vor und nach diesem Stadium ist der respiratorische Quotient niedriger.[1] B. Beim Seeigel wird durch NaSCN die Entwicklung der vegetativen Eihälfte, in welcher ein Proteinstoffwechsel überwiegt, gehemmt, während die animale Zone, in welcher der Kohlehydratstoffwechsel vorherrscht, sich auch nach Einwirkung von NaSCN entwickelt und vergrößert[2].

Die Untersuchung von Schnittpräparaten von Embryonen und Larven, die auf dem Blastulastadium mit NaSCN behandelt worden waren, führte zu interessanten Ergebnissen. Ein Teil jener Blastulae entwickelte sich zu Embryonen, bei denen in der Darmanlage sich sehr viel Flüssigkeit ansammelte. Bei diesen Embryonen erschien die Chorda schon auf den frühesten Entwicklungsstadien größer als bei den Kontrollen. Auch bei den Larven fällt die Vergrößerung der Chorda sofort auf (Fig. 1). Das Neuralrohr dagegen ist bei den behandelten Embryonen kleiner als bei den Kontrollen. Seine Zellen degenerieren teilweise und fallen in das Lumen. Diese degenerierten Zellen sammeln sich später im Innern des Gehirnbläschens. Die Rumpf- und Schwanzteile des Neuralrohres entwickeln sich später als bei den Kontrollen. Die Schwanzknospe bildet sich auch sehr viel später. Im Laufe der weiteren Entwicklung setzen jedoch Regulationsprozesse ein, und infolgedessen erscheinen Rumpf- und Schwanzregion des Neuralrohres fast normal (wie in Fig. 1b). Es entwickelt sich auch ein beinahe normaler Schwanz.

[1] J. BRACHET, Arch. de Biol. (Bruxelles) 45, 611 (1934); 50, 233 (1939).
[2] P. E. LINDAHL, Acta zool. (Stockh.) 17, 179 (1936).



*a* *b*

Fig. 1. Querschnitte durch den kaudalen Teil des Rumpfes zweier 12 Tage alter Larven von *Rana esculenta*. *a*. Kontrolle. *b*, Eine Larve, welche auf dem Blastulastadium 48 Stunden lang der Einwirkung einer 0,5proz. Lösung von NaSCN ausgesetzt worden war. Man beachte die Unterschiede im Chordaquerschnitt. Vergrößerung 110mal.

Diese morphologischen Befunde lassen sich in Beziehung bringen zu den in der Tabelle niedergelegten Beobachtungen: Das Urmundlippenmaterial, in dem der Kohlehydratstoffwechsel überwiegt[1], wird durch NaSCN in seiner Entwicklung nicht gehemmt, und die aus ihm hervorgehende Chorda erscheint größer als bei den Kontrollen. Das Neuralrohr, mit dessen Bildung gleichzeitig weitgehende Umwandlungen seiner Proteine einsetzen[2], wird von vornherein kleiner angelegt als bei den Kontrollen und zeigt in seiner Entwicklung viele Hemmungserscheinungen.

Milano, Zoologisches Institut der Universität, den 14. Juli 1939, XVII. SIVIO RANZI. EUGENIA TAMINI.

### Enzymatische Hydrolyse des Acetylaneurins.

Nach MINZ [C. r. Soc. Biol. Paris **127**, 1251 (1938)] und A. v. MURALT [Z. angew. Chem. **52**, Nr 9 (1939)] wird vom erregten Nerven neben Acetylcholin auch Aneurin abgegeben. R. KUHN, TH. WIELAND und H. HUEBSCHMANN [Hoppe-Seylers Z. **259**, 48 (1939)] konnten die von MINZ am Rattendarm gemachten Beobachtungen nicht reproduzieren und meinten aus theoretischen Gründen, daß Aneurin, genau wie Cholin, als Acetylverbindung abgegeben werden könne. R. KUHN und Mitarbeiter bereiteten Acetylaneurin nach einer neuen Methode als Bromid-bromhydrat und erbrachten am isolierten Darm den Beweis, daß Acetylaneurin eine ausgesprochene Wirkung zeigt, während diese Wirkung bei Aneurin völlig ausbleibt.

Da Acetylcholin durch eine Esterase hydrolysiert wird, war es von Interesse, zu prüfen, ob auch Acetylaneurin enzymatisch hydrolysiert wird. Da durch eine solche Hydrolyse 1 Mol. Essigsäure freigemacht wird, könnte man die Reaktion manometrisch verfolgen, indem 1 Mol. Essigsäure 1 Mol. $CO_2$ aus Bicarbonatringer austreibt. Es ist uns gelungen, zu zeigen, daß dies tatsächlich der Fall ist. Löst man Acetylaneurin in Bicarbonatringer, so wird in Anwesenheit von Pferdeserum oder Gehirngewebe ein Freiwerden von $CO_2$ beobachtet. Gekochtes Serum oder Bicarbonatringer zeigen diese Wirkung nicht. Nachstehende Tabelle zeigt das Resultat eines Versuches mit Pferdeserum:

Gasatmosphäre = 95 % $N_2$ + 5 % $CO_2$.

Hauptgefäß des Manometers: 1 ccm Pferdeserum, 1 ccm Bicarbonatringer.

Seitengefäß des Manometers: 5 mg Acetyl-Aneurin in Bicarbonatringer.

| | |
|---|---|
| nach 15 Minuten | 35 cmm $CO_2$ |
| 30 | 68 |
| 45 | 88 |
| 60 | 112 |

R. KUHN und Mitarbeiter betonen, daß Aneurin mit Cholin die Eigenschaft teilt, gleichzeitig eine quartäre Ammoniumverbindung und primärer Alkohol zu sein. Es schien daher möglich, daß die enzymatische Wirkung des Serums auf Acetylaneurin der Acetylcholinesterase zuzuschreiben sei. Unsere Versuche zeigten, daß Physostigmin $^m/_{5000}$ die enzymatische Hydrolyse des Acetylaneurins völlig aufhebt. Dies ist auch der Fall für die Acetylcholinesterase, aber nicht für die sonstigen Esterasen. Weitere Versuche werden zeigen, ob es eine spezifische Acetylaneurinesterase gibt, oder ob die obenbeschriebene enzymatische Wirkung des Serums der Acetylcholinesterase zukommt, worauf die Hemmungsversuche mit Physostigmin weisen.

Herrn Professor R. KUHN danken wir sehr für die Überlassung von Acetylaneurin.

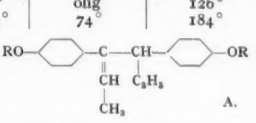
Gent (Belgien), Institut für veterinäre Physiologie der Universität, den 5. August 1939.

L. MASSART. R. DUFAIT.

### Über die isomeren 4,4′-Dioxy-γ, δ-diphenyl-n-hexene.

Bei der Dehydratisierung des 3,4-Dianisyl-hexan-3-ols $C_{20}H_{26}O_3$[3] können theoretisch 4 isomere optisch-inaktive Verbindungen der Formel $C_{20}H_{24}O_2$ entstehen, von welchen immer zwei zueinander im Verhältnis der cis-trans-Isomerie stehen. Zwei dieser Verbindungen sind die geometrisch isomeren 4,4′-Dimethoxy-α, β-diäthylstilbene, von welchen der Dimethyläther des „Diäthyl-stilböstrols" vom Fp. 127° in reiner Form bekannt ist.[1] Es kommt ihm höchstwahrscheinlich trans-Konfiguration zu[2, 3]. Die isomere cis-Verbindung wurde von uns noch nicht völlig rein erhalten. Hingegen haben wir im Verlaufe der Versuche zu ihrer Reindarstellung die beiden geometrischen Isomeren der Strukturformel A auf einem langwierigen Weg in einheitlichem Zustand erhalten können. In der Tabelle sind die Schmpp. der beiden Isomeren I und II des 4,4′-Dioxy-γ, δ-diphenyl-β-n-hexens und ihrer Derivate zusammengestellt[4].

| | Schmelzpunkte | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $R = H$ | $R = COCH_3$ | $R = COC_6H_5$ | $R = CH_3$ |
| I | 153° | ölig | 126° | 50° |
| II | 143,5° | 74° | 184° | ölig |



A.

Daß diesen Verbindungen die Formel A zukommt, folgt aus den Ergebnissen der Ozonspaltung, bei der (die Reaktion wurde mit den Dimethyläthern durchgeführt) Äthyldesoxyanisoin entsteht.

Von Interesse ist die Tatsache, daß sich die beiden geometrisch isomeren Dimethyläther von A mit Jod unter bestimmten Bedingungen in den oben genannten Dimethyläther des „Diäthylstilböstrols" (Fp. 127°) umlagern lassen.

Bei der katalytischen Hydrierung (Pd) ergeben sie in 50—60proz. Ausbeute das bei 146° schmelzende Isomere des 3,4-Dianisyl-n-hexans[5, 2].

Die vorläufige biologische Prüfung der freien Phenole A, die Dr. E. KERSCHBAUM im wissenschaftlichen Laboratorium der „Sanabo", Wien, ausgeführt hat, ergab einen wesentlichen Unterschied in der biologischen Wirksamkeit, der im Zusammenhang mit der Spezifität der anderen synthetischen Oestrogene dieser Reihe von Interesse ist. In der Tabelle sind auch die Versuche an den beiden isomeren 4,4′-Dioxy-γ, δ-diphenyl-n-hexanen enthalten. Das bei 130° schmelzende Isomere erhielten auch wir durch Hydrierung des „Diäthylstilböstrols".

Vor einigen Tagen kam eine Arbeit von DODDS, GOLBERG, LAWSON und R. ROBINSON zu unserer Kenntnis[3]. In ihr wird die Gewinnung eines „ψ-Diäthylstilöstrols" beschrieben, das bei 142° schmilzt. Als Schmpp. des Dibenzoats und des Diacetates werden 192° bzw. 117° angegeben. Wir müssen es zunächst dahingestellt sein lassen, ob es sich bei diesen Verbindungen tatsächlich um die „cis-Stilben-Verbindungen" handelt, wie es die englischen Forscher,

| Substanz | | Dosis in Gamma | Prozentsatz der Tiere mit Volloestrus |
|---|---|---|---|
| 4,4′-Dioxy-γ, δ-diphenyl-β-hexan | Schmp. 143,5° | 1000 | 100 |
| | | 100 | Spuren |
| | Schmp. 153° | 2,5 | 100 |
| | | 1,25 | 66 |
| 4,4′-Dioxy-γ, δ-diphenyl-n-hexen | Schmp. 130° | 100 | 100 |
| | | 50 | 33 |
| | | 10 | 0 |
| | Schmp. 186° | 2 | 100 |
| | | 0,5 | 66 |

[1] E. J. BOELL, H. KOCH and J. NEEDHAM, Proc. roy. Soc. Lond. B. **127**, 374 (1939).

[2] M. KONOPACKI u. B. KONOPACKA, Bull. Ac. Pol. Sc. et Lett. (Cracovie) B **1926**, 229 (1926).

[3] Die Synthese dieser Verbindung, die wir auch auf einem anderen Wege als die englischen Autoren[4] durchgeführt haben, beschreiben wir demnächst an anderer Stelle.

[4] DODDS, GOLBERG, LAWSON, R. ROBINSON, Nature Lond.) **141**, 247 (1938).

[1] Siehe Fußnote 4 auf nebenstehender Spalte.

[2] KERSCHBAUM, KLEEDORFER, PRILLINGER, ZAJIC, WESSELY, Naturwiss. **27**, 131 (1939).

[3] Proc. roy. Soc. Lond. **127**, 140 (1939).

[4] Da A ein asymetrisches C-Atom enthält, handelt es sich bei den Isomeren I und II um die Racemate.

[5] CAMPBELL, DODDS, LAWSON, Nature (Lond.) **142**, 1121 (1938).

ohne einen Konstitutionsbeweis zu führen, als „wahrscheinlich" annehmen.

Wien, II. Chemisches Universitätslaboratorium, den 28. Juli 1939. F. v. WESSELY. A. KLEEDORFER.

**Natrium-Calcium-sulfatapatit $Na_6Ca_4(SO_4)_6F_2$.**

In Weiterführung der Untersuchung über die isomorphe Ersetzbarkeit der Bausteine des Apatits[1] sowie in Ergänzung zu dem Befunde von HÄGELE und MACHATSCHKI[2] über den Britholith, ein Cererden-silikatapatit von der Idealformel $Ca_4Ce_6(SiO_4)_6F_2$, ist ein Natrium-Calcium-sulfatapatit $Na_6Ca_4(SO_4)_6F_2$ dargestellt worden durch Zusammenschmelzen einer Mischung von 3 Mol $Na_2SO_4$ + 3 Mol $CaSO_4$ + 1 Mol $CaF_2$ bei 800°. Das Röntgendiagramm des erhaltenen Stoffes entspricht durchaus dem des Apatits $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ und läßt sich einwandfrei hexagonal indizieren. Es errechnen sich aus dem Röntgendiagramm die Gitterkonstanten des Natrium-Calcium-sulfatapatits zu $a = 9{,}51_8$ Å, $c = 7{,}01_5$ Å, $c/a = 0{,}737$. Das Gitter ist etwas größer als das des Apatits ($a = 9{,}37$ Å, $c = 6{,}88$ Å[1]), obwohl der Ionenradius des Schwefels etwas kliner ist als der des Phosphors und der des Natriums etwas kleiner als der des Calciums. — Es lassen sich auch durch Zusammenschmelzen der Komponenten gemischte Apatite herstellen, wie z. B. $Na_4Ca_6(PO_4)_2(SO_4)_4F_2$ usw. Die Untersuchung der Eigenschaften der neuen Stoffe ist im Gange.

Frankfurt a. M., Institut für Anorganische Chemie der Universität, den 20. Juli 1939. R. KLEMENT.

[1] R. KLEMENT, Naturwiss. **27**, 57 (1939).
[2] G. HÄGELE u. F. MACHATSCHKI, Naturwiss. **27**, 132 (1939).

[1] ST. NÁRAY-SZABÓ, Z. Kristallograph. **75**, 387 (1930).

## Besprechungen.

DÖRGE, KARL, unter Mitarbeit von HANS KLEIN, **Wahrscheinlichkeitsrechnung für Nichtmathematiker**. Berlin: Walter de Gruyter & Co. 1939. 113 S. 15 cm × 23 cm. Preis geb. RM 6.—.

Der Verfasser hat den Gegenstand wiederholt für Statistiker an der Universität Köln vorgetragen. Demnach wird der Begriff der „Wahrscheinlichkeit" naturgemäß aus dem der „Häufigkeit" hergeleitet. Das erste Kapitel bringt als mathematisches Hilfsmittel den Begriff „Grenzwert". In den nächsten drei Kapiteln folgen die „Mischungsregel", das „Multiplikationstheorem", die „Serien von Ereignissen" und die „mathematische Erwartung". Endlich wird im 5. Kapitel der Hauptsatz der Theorie, nämlich das „Gesetz der großen Zahlen" von physikalischen Anwendungen aus deutlich gemacht.

Das Buch setzt nur Schulkenntnisse voraus, erfordert aber zu seiner Bewältigung ernste Arbeit, denn „ohne sie gibt es grundsätzlich keine Möglichkeit zur Aneignung tieferer mathematischer Erkenntnis". In seiner Klarheit und Folgerichtigkeit in dem für so viele Zweige der Naturwissenschaften grundlegenden Gegenstande kann das Buch wärmstens empfohlen werden und wird sich nicht nur für den weiten Kreis der „Nichtmathematiker" sondern auch für den engeren der Mathematiker als sehr nützlich erweisen.

W. BLASCHKE, Hamburg.

FRITSCH, VOLKER, **Grundzüge der Funkgeologie.** (Sammlung Vieweg. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 116.) Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn 1939. VII, 121 S. und 90 Abbild. 13 cm × 21 cm. Preis kart. RM 9.—.

Der Verfasser hat seit einer Reihe von Jahren seine Erfahrungen auf dem Gebiete der geophysikalischen Bodenuntersuchungen in verschiedenen Arbeiten veröffentlicht und faßt nun die Ergebnisse dieser Untersuchungen in einem gedrängten Lehrgang zusammen, der vornehmlich die theoretischen Grundlagen dieser Methoden zum Gegenstand hat. Es wird entweder der Widerstand des Gebirges oder die Ausbreitung eines HERTZschen Feldes in einem geologischen Leiter gemessen. Die Verschiedenheit dieser Leiter, insbesondere auch in bezug auf die geänderten Bedingungen bei verschiedenen meteorologischen Verhältnissen, wie Feuchtigkeit usw., findet ausführliche Behandlung. Die elektrischen Wellen breiten sich entweder frei aus, oder sie werden entlang elektrischer Diskontinuitäten geführt, wobei sie auch abgelenkt werden können. Die Bezeichnung Funkgeologie bezieht sich ausschließlich auf die Messung und Beobachtung der durch ihre jeweilig verschiedene geophysikalische Struktur gegenüber der Ausbreitung solcher elektrischer Wellen und hochfrequenter Ströme gegebenen Verhältnisse. Die Funkgeologie schließt aus dem durch Messung bestimmten Ausbreitungsdiagramm des elektrischen Feldes auf die speziellen elektrischen Eigenschaften des Raumes, in dem sich das Feld ausbreitet. Untertags muß besonders die Beugung und Reflexion des Feldes berücksichtigt werden. U. a. gaben die *Punkwa-Höhlen* bei *Blansko in Mähren* und die Spateisensteingrube von *Kotterbach in der Slowakei* Gelegenheit, die Methode auf ihre praktische Anwendungsmöglichkeit zu prüfen und das Verhalten von unterirdischen Hohlräumen gegenüber dem Empfang von Sendern zu untersuchen. Es besteht in der Tat eine sehr große Abhängigkeit der Ausbreitung solcher elektrischer Felder von funkgeologischen und meteorologischen Faktoren. Die letzteren Bedingungen, die sich auf Leiter von verschiedenem Feuchtigkeitsgrad beziehen, hat der Verfasser besonders sorgfältig studiert. In der Geologie können die funkphysikalischen Methoden besonders zum Nachweis von Verwerfungen, Bruchzonen und anderen tektonischen Störungen herangezogen werden. So gelang in einem Falle der Nachweis von Verwerfungsspalten, die übrigens auch von mehreren Rutengängern übereinstimmend angegeben worden waren, mit Hilfe dieser Methode sehr gut. Es kann hieraus geschlossen werden, daß zwischen den Auswirkungen von solchen *„geopathogenen" Zonen* und deren funkgeologischer Struktur tatsächlich physikalisch nachweisbare Zusammenhänge zu bestehen scheinen. Die Anwendbarkeit der funkgeologischen Methoden für Zwecke der Mutung auf nutzbare Lagerstätten muß noch durch weitere Versuche im aufgeschlossenen Gelände und an Modellen, sowie durch weitere Vermessung der geologischen Leiter untersucht werden.

OTTO SANTO-PASSO, Hall in Tirol.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.

**Die NS-Volkswohlfahrt unterhält bereits 257 Jugenderholungsheime**

**Kontinuierliche Spektren**

Von

Dr. **Wolfgang Finkelnburg**

Dozent für Physik an der Technischen Hochschule Darmstadt

(Struktur und Eigenschaften der Materie. Eine Monographiensammlung. Begründet von M. Born und J. Franck. Herausgegeben von F. Hund-Leipzig und H. Mark-Wien. Band XX.)

Mit 103 Abbildungen. XI, 368 Seiten. 1938

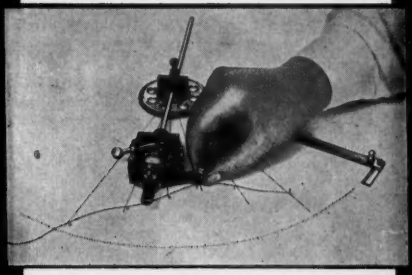
RM 33.—; gebunden RM 34.80

Inhaltsübersicht:

Einleitung. — Allgemeine Theorie der kontinuierlichen Zustände von Elektronen und ihrer Spektren. — Absorptionsgrenzkontinua und Photoionisation. — Elektronenrekombination und Seriengrenzkontinua in Emission. — Kontinuierliche Strahlung und Absorption freier Elektronen. — Störungen von Elektronenkontinua. — Allgemeine Übersicht über die Molekülkontinua. — Die Theorie der Molekülkontinua. — Die typischen Fälle von Molekülkontinua. — Die kontinuierlichen Spektren spezieller zweiatomiger Moleküle. — Kontinuierliche Spektren mehratomiger Moleküle. — Linienbreiten. — Kontinuierliche Spektren von Flüssigkeiten, Lösungen und Kristallen. — Temperaturstrahlung und schwarze Strahlung. — Übersicht über die beobachteten Gaskontinua in Absorption und Emission nach Elementen geordnet. — Die kontinuierlichen Emissionsspektren und ihre Erzeugungsmethoden. — Literatur-, Namen- und Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

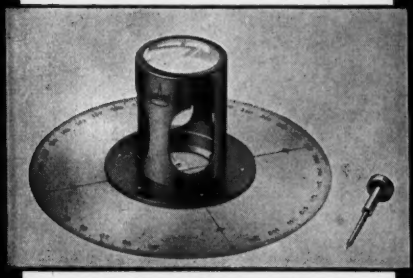
**Mathematische Askania-Instrumente ersparen langwierige Rechenarbeit.**



**Harmonischer Analysator**

ermöglicht dem Physiker und Ingenieur die Zergliederung von Schwingungsbildern nach Frequenzen und Amplituden ohne langwierige Rechenarbeit.

Näheres in unserer Druckschrift Geo 33914



**Prismenderivator**

zur Auswertung von Indikator-Diagrammen, Wegzeitkurven zur Bestimmung der Geschwindigkeit und Beschleunigung, Oszillographen- und Schwingungsmesseraufzeichnungen.

Verlangen Sie die Druckschrift Geo 78306

ASKANIA

**ASKANIA-WERKE**

AKTIENGESELLSCHAFT

**BERLIN-FRIEDENAU**

# Handbuch der Astrophysik

Herausgegeben von

**G. Eberhard A. Kohlschütter H. Ludendorff**

*Zuletzt erschien:* **Band VII**

## Ergänzungsband

**Berücksichtigend die Literatur bis Ende 1934**
**nebst einem Generalregister des Gesamtwerkes**

Mit 110 Abbildungen. IX, 755 Seiten. 1936. RM 126.—; gebunden RM 129.—

Inhaltsübersicht:

**Band I:** Kap. 3. Spektroskopie. Von K. W. Meissner-Frankfurt a. M. — Kap. 5. Apparate und Methoden zur Messung der Gesamtstrahlung der Himmelskörper. Von W. E. Bernheimer-Wien. — **Band II:** Kap. 1. Theoretische Photometrie. Von E. Schoenberg-Breslau. — Kap. 2. Spektralphotometrie. Von H. Brück-Potsdam. — Kap. 3. Kolorimetrie. Von H. von Klüber-Potsdam. — Kap. 4. Lichtelektrische Photometrie. Von H. Rosenberg-Kiel. — Kap. 5. Photographische Photometrie. Von G. Eberhard-Potsdam. — Kap. 6. Visuelle Photometrie. Von W. Hassenstein-Potsdam. — **Band III:** Kap. 2 und 8. Thermodynamik der Sterne und Pulsationstheorie. Von B. Strömgren-Kopenhagen. — Kap. 3. Die Ionisation in den Atmosphären der Himmelskörper. Von B. Strömgren-Kopenhagen. — Chapter 4. The Principles of Quantum Theory. By S. Rosseland-Oslo. — Kap. 5. Gesetzmäßigkeiten in den Serienspektren. Von W. Grotrian-Potsdam. — Kap. 6. Theorie der Multiplettspektren. Von O. Laporte-Ann Arbor, Michigan. — Kap. 7. Bandenspektra. Von K. Wurm-Potsdam. — **Band IV:** Kap. 1. Strahlung und Temperatur der Sonne. Von W. E. Bernheimer-Wien. — Chapter 2. Solar Physics. By G. Abetti-Firenze. — Chapter 3. Eclipses of the Sun. By S. A. Mitchell-Charlottesville, Va. — Kap. 4. Die physische Beschaffenheit des Planetensystems. Von K. Graff-Wien. — Kap. 5. Kometen und Meteore. Von A. Kopff-Berlin-Dahlem. — **Band V:** Kap. 1. Klassifizierung und Beschreibung der Sternspektren. Von Fr. Becker-Bonn. — Kap. 2. Zur Statistik der Spektraltypen. Von Fr. Becker-Bonn. — Kap. 3. Die Temperaturen der Fixsterne. Von W. Becker-Potsdam. — Chapter 4. Luminosities, Colours, Diameters, Densities, Masses of the Stars. By K. Lundmark-Lund. — Chapter 5. Stellar Clusters. By H. Shapley-Cambridge, Mass. — Chapter 6. The Nebulae. By H. D. Curtis-Ann Arbor, Michigan. — Kap. 7. Die Milchstraße. Von B. Lindblad-Stockholm. — **Band VI:** Chapter 1. The Radial Velocities of the Stars. By K. G. Malmquist-Stockholm. — Kap. 2. Die veränderlichen Sterne. Von H. Ludendorff-Potsdam. — Chapter 3. Novae. By F. J. M. Stratton-Cambridge. — Kap. 4. Doppelsterne. Von W. Rabe-München. — Erläuterungen zu den Abkürzungen. — Sachverzeichnis zu Band I—VII.

*Die übrigen Bände:*

Band I: **Grundlagen der Astrophysik.** I. Teil. Mit 299 Abbildungen. XII, 564 Seiten. 1933. RM 96.—; gebunden RM 99.—

Band II: **Grundlagen der Astrophysik.** II. Teil. 1. Hälfte. Mit 134 Abbildungen. XI, 430 Seiten. 1929. RM 59.40; gebunden RM 62.10

2. Hälfte. Mit 85 Abbildungen. VII, 322 Seiten. 1931. RM 48.60; gebunden RM 51.48

Band III: **Grundlagen der Astrophysik.** III. Teil. 1. Hälfte. Mit 44 Abbildungen. X, 473 Seiten. 1930. RM 66.60; gebunden RM 69.30

2. Hälfte. Mit 131 Abbildungen. VIII, 358 Seiten. 1930. RM 52.92; gebunden RM 55.80

Band IV: **Das Sonnensystem.** Mit 221 Abbildungen. VIII, 501 Seiten. 1929. RM 68.40; gebunden RM 70.92

Band V: **Das Sternsystem.** I. Teil. 1. Hälfte. Mit 173 Abbildungen. X, 574 Seiten. 1932. RM 96.—; gebunden RM 99.—

2. Hälfte: Mit 118 Abbildungen und 2 Tafeln. X, 582 Seiten. 1933. RM 96.—; gebunden RM 99.—

Band VI: **Das Sternsystem.** II. Teil. Mit 123 Abbildungen. IX, 474 Seiten. 1928. RM 59.40; gebunden RM 61.83

*Jeder Band ist einzeln käuflich, Bandteile werden nicht einzeln abgegeben.*

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN


Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

*Hierzu eine Beilage vom Verlag von **Julius Springer** in Berlin.*

Für den Textteil verantwortlich: Fritz Süffert in Berlin W 9; für den Anzeigenteil: Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5. DA. II. Vj. 3115. — Pl. 4. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig. — Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Printed in Germany.